

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Výroba a montáž děrovacího a lepicího zařízení

Manufacture and Assembly of Cutting and Sticky Equipment

Student:

Bc. Pavel Vašátko

Vedoucí diplomové práce:

Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrá, Ph.D.

OSTRAVA 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Vašátko**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Výroba a montáž děrovacího a lepicího zařízení**
Manufacture and Assembly of Cutting and Sticky Equipment

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky děrování a lepení.
2. Požadavky na zařízení.
3. Konstrukce, výroba a montáž zařízení.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007, s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007, s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [6] ZELENÝ, J. *Vysokorychlostní obrábění*. MM průmyslové spektrum. 2000. ISSN 1212-2572.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Oldřich Šverák

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21.5.2012

podpis studenta



Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21.5.2012

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Pavel Vašátko

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bystřec č.p. 400

561 54



Anotace diplomové práce:

VAŠÁTKO, P. *Výroba a montáž děrovacího a lepicího zařízení: diplomová práce.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 64 s. Vedoucí práce: Petrů, J.

V diplomové práci je vypracován návrh, konstrukce a montáž děrovacího a lepicího zařízení pro děrování nárazníku automobilu a lepení PDC držáků. V úvodu se práce zabývá problematikou technologie stříhání a lepení plastů. Dále je uvedena ergonomie montážního pracoviště. Návrh a konstrukce zařízení je dle požadavků zákazníka s ohledem na co nejméně zabranou plochu výrobní haly a ergonomii. Návrh se skládá z podskupin, obsahuje: rám, stůl, děrovací jednotky, lepicí jednotky, přitlačování, vozík a krytování stroje. Ke konci práce je uvedeno technicko - ekonomické zhodnocení zařízení. V závěru je popsáno celkové hodnocení práce.

Annotation of diploma thesis:

VAŠÁTKO, P. *Manufacture and Assembly of Cutting and Sticky Equipment: Diploma Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Fabrication Institute, 2012, 64 p.

Thesis head: Petrů, J.

There is the processed proposal of the design and assembling of the punching and adhesive of the PDC holders on this equipment for the car's bumpers in this diploma thesis. The beginning of the thesis deals with the cutting and adhesive technology of the plastics. Furthermore is given the ergonomics of the assembling workplace. The design and construction of the equipment is according to the customer requirements with the regard to the least occupied area of the production space and the ergonomics. The proposal consists of the subassemblies, includes: frame, table top, punching units, adhesive units, the pressed, carriage and the machine safety cover. There is mentioned the technical-economic evaluation of the equipment at the end of this thesis. The overall assessment of the thesis is described in the conclusion.



Poděkování:

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. et Ing. Mgr. Janě Petřů Ph.D. za její vedení a cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat firmě LUX spol. s r. o. za pomoc při vytváření diplomové práce, zejména pak panu Ing. Oldřichu Šverákovi.

Pavel Vašátko



Obsah diplomové práce

Seznam použitých zkratk a symbolů	- 8 -
Úvod	- 10 -
1 Řešená problematika	- 11 -
1.1 Představení firmy LUX s.r.o.	- 12 -
1.2 Úvod do problematiky technologie stříhání	- 14 -
1.3 Úvod do problematiky technologie lepení	- 20 -
2 Požadavky na zařízení	- 24 -
3 Konstrukce zařízení a výroba montážních podskupin	- 32 -
3.1 Rám stroje	- 32 -
3.2 Stůl stroje	- 33 -
3.3 Krytování	- 34 -
3.4 Děrovací jednotka	- 36 -
3.5 Lepicí jednotka	- 38 -
3.6 Přítlačovací jednotka	- 39 -
3.7 Zakládací vozík	- 40 -
3.8 Ergonomie pracoviště	- 41 -
4 Montáž zařízení	- 47 -
4.1 Děrovací jednotka	- 48 -
4.2 Přítlačovací jednotka	- 49 -
4.3 Lepicí jednotka	- 50 -
4.4 Vozík	- 51 -
4.5 Pneumatická soustava	- 52 -
4.6 Ovládací prvky stroje a signalizace	- 53 -
4.7 Připomínkové řízení	- 54 -
5 Technicko-ekonomické zhodnocení	- 57 -
5.1 Parametry stroje	- 57 -
5.2 Cenová nabídka na zařízení	- 58 -
5.3 Roční produkce	- 59 -
6 Závěr	- 61 -
7 Seznam použité literatury	- 62 -
8 Seznam příloh	- 64 -

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka:	Popis:	Jednotka:
C	Součinitel závislý na stupni stříhu	[-]
Creep	Tečení	
D	Průměr válce	[mm]
DZ	Děrovací zařízení	
E _{DC}	Efektivní časový fond pracovníka	[den]
F	Lepicí síla	[N]
F _s	Střižná síla	[N]
ID	Identifikace	
IEA	Mezinárodní ergonomická společnost	
K	Součinitel otupení bříty nástroje	[-]
LED	Light – Emitting Diode – dioda emitující světlo	
O _{st}	Opotřebení střižníku	
O _{se}	Opotřebení střižnice	
PDC	Parking Distance Control – kontrola vzdálenosti při parkování	
PET	Polyethylentereftalát	
PLC	Programmable Logic Controller – Programovatelný logický automat	
PP	Polypropylen	
RAL	ReichsAusschuss für Lieferbeding. – Říšský výbor pro dodací podm.	
RFID	Radio – frekvenční identifikační systémy	
R _{PS55}	Roční produkce 1 směny v kusech při 55% výroby	[ks]
R _{PS100}	Roční produkce 1 směny v kusech při 100% výroby	[ks]
S _s	Střižná plocha	[mm ²]
UV	Ultraviolet – Ultrafialové záření	
V ₁	Objem vzdušníku	[l]
V ₂	Objem odebraný 1 válcem	[l]
k _s	Střižný odpor	[MPa]
l	Délka stříhu	[mm]
r	Poloměr otupení bříty	[mm]
t	Tloušťka materiálu	[mm]



Zkratka:

Popis:

Jednotka:

v	Střižná vůle	[mm]
σ_{Pt}	Mez pevnosti materiálu	[MPa]
τ_{ps}	Pevnost ve stříhu	[MPa]



Úvod

Montáží vrcholí celý proces strojírenské výroby. Z jednotlivých součástí vzniká jejich spojováním stroj nebo celé strojní zařízení. Její význam pro kvalitu a výkon strojírenských výrobků není potřeba zdůrazňovat. Často lze z dobře vyrobených součástí docela lehce nesprávně provedenou montáží vyrobit nefunkční stroj a zase v opačném případě pečlivý montér dokáže mnohdy odstranit chyby součástí. Proto je žádoucí, aby montážní práce prováděli zkušení montéři, kteří dovedou zvládat i obsluhu čtených strojů. Kvalifikace montážních dělníků se však s rozvojem strojírenské výroby postupně mění.

V dřívějších letech byla na prvním místě především zručnost a technický cit. S rozvojem normalizace a s postupným pronikáním stále složitějších strojů požadavky na kvalifikaci montážního dělníka rostou. Dnešní montéři musí vedle znalostí strojních součástí ovládat i všechny způsoby montážních prací včetně montážních nástrojů, měřidel a pomůcek. Dále musí znát mechanismy a funkci montovaného stroje či zařízení. Znalost montážních prací lze i využít ostatními pracovníky ve strojírenství. Např. soustružník, který je seznámen se zásadami spojování strojních součástí, je schopen si provést drobnější opravy bez nutnosti odborníka.

V diplomové práci, je vypracován návrh, konstrukce a montáž výrobního zařízení pro automobilový průmysl. Toto zařízení je určené pro stříhání a lepení komponent nárazníku automobilu dle požadavků zákazníka. Zadavatelem zakázky byla firma MAGNA se sídlem v Liberci. Zhotovitelem díla byla firma LUX spol. s r.o. se sídlem v Jablonném nad Orlicí.

V následujících kapitolách teoretické části práce je v několika bodech popsána funkce, chod a využitá technologie u navrhovaného zařízení. Jedná se především o technologie stříhání, technologie lepení. Při konstruování byl brán zřetel především na bezpečnost a ergonomii děrovacího pracoviště, která bude také popsána. V praktické části diplomové práce jsou uvedeny návrhy a montážní postupy jednotlivých podskupin. Dále pak samotná výroba a montáž zařízení. V technicko - ekonomickém zhodnocení je nejdříve uveden technický popis a dále je uvedena celková cenová nabídka děrovacího zařízení pro firmu MAGNA. V přílohách jsou přiloženy kontrolní výstupní protokoly a seznam poskytnutých náhradních dílů.

1 Řešená problematika

Při zadávání zakázky proběhla návštěva výrobního závodu v Liberci, kde bylo k vidění několik verzí konstrukcí zařízení pro děrování a lepení různých modelů nárazníků automobilů. Na těchto konstrukcích jsem si prohlédl důležité součásti jednotlivých zařízení a vytvořil fotodokumentaci, ze které jsem později částečně vycházel při návrhu žádaného zařízení. Podle požadovaných specifikací zákazníka byl vyhotoven návrh a konstrukce zařízení, která byla později v připomínkovém řízení upravována.

Konstrukce zařízení byla závislá především na rozměru zadního nárazníku. Veškeré rozměry byly konzultovány s protistranou. Snaha byla minimalizovat nároky na zabraný prostor výrobní haly s ohledem na bezpečnost práce a ergonomii pracoviště. Důraz byl především kladen na výšku umístění nárazníku v základací poloze. Dalším důležitým parametrem byla snadná dostupnost jednotlivých montážních prvků a dostatečné osvětlení pracoviště z důvodu kontroly kvality střížné hrany a kvality přilepeného montážního dílce.

Důležitým faktorem bylo určit potřebnou velikost střížné síly, s čímž šel ruku v ruce tvar a rozměr střížníku a střížnice. Z této hodnoty jsme vycházeli při určování velikosti potřebných hydraulických válců. Dále bylo potřebné zkonstruovat přidržovací ramena, která nárazník přitlačují při operaci lepení.



Obr. 1 – Děrovací a lepicí zařízení DZ 543



1.1 Představení firmy LUX s.r.o.

Společnost LUX s. r. o. se sídlem v Jablonném nad Orlicí byla založena 6. 8. 1992. Od státního podniku Tesla Jablonné nad Orlicí si od 1. 1. 1993 pronajala provoz výroby jednoúčelových strojů a nástrojů a od 1. 1. 1994 pak na základě privatizačního projektu tuto část podniku odkoupila [8].

V průběhu let 1992 - 1994 musela společnost restrukturalizovat výrobní program, neboť původní zaměření na výrobu strojů pro Teslu Jablonné nad Orlicí bylo zapotřebí kvůli ukončení výroby elektronických součástí změnit. V průběhu roku 1994 firma obnovila výrobu jednoúčelových strojů a začala rozvíjet výrobu hydraulických lisů na odpad [1].

V letech 1994 - 1999 společnost vyrobila více než 100 ks výrobních strojů pro firmu AVX Lanškroun. Dalšími zákazníky v této době byly společnosti JCEE (Japonsko), PHILIPS COMPONENTS (Holandsko), Siemens Trutnov, Motorola Rožnov pod Radhoštěm, Barum Continental Otrokovice a další [1].

V současnosti je nosným výrobním programem společnosti zakázková výroba automatických výrobních a montážních linek podle specifikace zákazníka a potřeby elektrotechnického a nyní i automobilového průmyslu [1].

Vzhledem k široké škále výrobního programu založila firma LUX s. r. o. dvě dceřiné společnosti, a to LUX-PTZ s. r. o. a LUX-IDENT s. r. o. Tímto vznikla skupina LUX-GROUP, ve které se výroba rozdělila do jednotlivých společností. Odkaz na skupinu: www.lux-group.cz. Odkaz na jednotlivé společnosti: www.lux.cz; www.lux-ptz.com; www.lux-ident.com [1].

Ukázka zařízení, které firma vyrábí:



Obr. 2 – Příklad stroje pro montáž tlakových senzorů [9]

Firma například dále vyrábí [1]:

- Výrobní zařízení pro kondenzátory.
- Výrobní zařízení pro konektory.
- Výrobní zařízení pro RFID.
- Stroje pro výrobu pružných kontaktů.
- Podávací a třídící zařízení pro testování polovodičů v pouzdrech.
- Stroje pro mikro svařování elektrickým odporem.
- Moduly pro výrobní linky.
- Zařízení na montáž multifunkčních páčkových přepínačů pod volantem automobilů.

Firma vyrábí další zařízení dle specifikace zákazníka. Na internetové stránce naleznete popis a obrázky všech zástupců těchto jednoúčelových strojů [8].

1.2 Úvod do problematiky technologie stříhání

Jedním z progresivních způsobů zpracování materiálů je proces stříhání. Tento proces se však řídí několika zákonitostmi a nedostatky, které je třeba respektovat. Jsou to tyto [2]:

- 1) Drsnost střížné plochy je dána průběhem deformace a jakostí materiálu.
- 2) Vlivem střížné vůle dojde ke zkosení střížné plochy.
- 3) Podél střížné plochy dochází k zaoblení a zeslabení tloušťky výstřižku.
- 4) Do určité hloubky dochází ke zpevnění střížné plochy.
- 5) Vlivem ohybového momentu může dojít k prohnutí některých výstřižků.

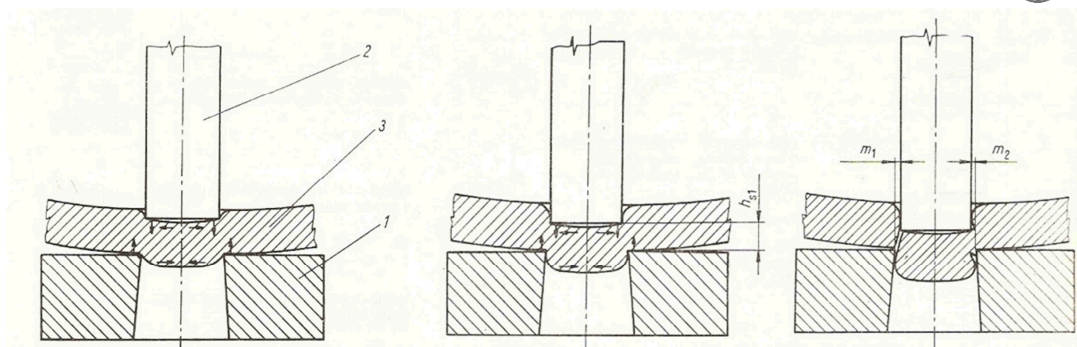
Těmto vlivům se dá zabránit, či je alespoň omezit pomocí nových způsobů stříhání, ale za cenu zvýšení nákladů na nástroje, nebo přídatnými operacemi např. kalibrováním [2].

Průběh stříhání

Ve střížných nástrojích začíná stříhání a děrování dosednutím střížníku na střížný materiál a končí jeho oddělením. Celý průběh stříhání rozdělujeme do tří základních fází. V první fázi střížník tlačí na materiál, ve kterém tímto vyvolává napětí. Toto napětí je menší než mez pružnosti, proto dochází jen k pružné deformaci. Hloubka vniku střížníku závisí především na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu. Na stříhaném materiálu přitom vzniká rádius. Na straně střížníku vtažením, na straně střížnice vytlačením materiálu [2].

Ve druhé fázi vzniká ve stříhaném materiálu napětí větší, než je mez kluzu a dochází tak k jeho trvalé deformaci. Na konci této fáze napětí ve stříhaném materiálu dosahuje jeho mez pevnosti ve stříhu [2].

Ve třetí fázi dochází k namáhání nad mez pevnosti ve stříhu. Nejprve vzniknou mikroskopické a pak makroskopické trhliny, které se rychle šíří a prodlužují, až dojde k oddělení materiálu. Postup trhin je závislý především na vlastnostech děleného materiálu a velikosti střížné mezery. Tvrdý a křehký materiál se oddělí rychleji než měkký a houževnatý. Pokud je vůle malá či velká nástřihy se nesetkají a na ploše stříhu se tak vytvoří nerovný povrch. K úplnému oddělení výstřižku musí střížník proniknout až ke střížnici [2].



Obr. 3 – Průběh jednotlivých fází stříhání – První fáze = oblast pružné deformace; Druhá fáze = oblast trvalé deformace; Třetí fáze = oddělení materiálu [2]

Střížný odpor

Střížný odpor je schopnost stříhaného materiálu bránit se proti oddělení. Vliv na střížný odpor má mnoho činitelů. Největší vliv mají mechanické vlastnosti. S rostoucí mezí pevnosti a klesající tvárností střížný odpor roste. Velký vliv na střížný odpor má i střížná vůle. Nejmenšího střížného odporu dosáhneme při optimální střížné vůli. Střížné podmínky jako rychlost stříhání, velikost tření, mazání, chlazení, stav střížných hran apod., značně ovlivňuje velikost výsledného střížného odporu. Například při vzrůstající rychlosti stříhu střížný odpor roste a naopak při mazání klesá. Přesné stanovení střížného odporu je vlivem rozdílného působení mnoha činitelů obtížné. Pro praktické využití se přibližná hodnota střížného odporu stanoví z rovnice č. 1 [2]:

$$k_s = \frac{F_s}{S_s} \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

kde F_s – střížná síla [N]

S_s – plocha stříhu [mm²]

Střížná síla

Volba stroje určeného pro stříhání je velmi důležitá. Při stříhání se totiž nesmí překročit jeho jmenovitá síla. Mohlo by totiž dojít k jeho poškození. V průběhu pracovního zdvihu se velikost střížné síly mění v závislosti na součinu dvou veličin, a to střížného odporu a stříhané plochy. U křehkých materiálů nastává ustřížení již při nepatrném vniknutí střížníku do materiálu. U měkkých materiálů dochází k ustřížení až později, kdy střížník vnikne do materiálu hlouběji. Střížný odpor následkem zpevňování materiálu stoupá. Mění se v rozmezí od meze kluzu a meze pevnosti materiálu. Jeho velikost potom

závisí na hloubce a proniknutí střížníku do materiálu. Obvykle se volí střížný odpor podle vztahu č. 2 [2]:

$$k_s = (0,7 \div 0,75) \cdot \sigma_{pt} \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

Střížná síla se potom určí ze vztahu č. 3 [2]:

$$F_s = l \cdot t \cdot k_s \cdot K \quad [\text{N}] \quad (3)$$

kde l – délka stříhu [mm]

t – tloušťka materiálu [mm]

k_s – střížný odpor [MPa]

K – součinitel otupení břitu nástroje [-]

Přípustná hranice otupení břitů nástroje je dána vztahem č. 4 [2]:

$$r = 0,1 \cdot t \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

kde r – poloměr otupení břitu [mm]

t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

Z tohoto vzorce č. 5 určíme konečný součinitel otupení břitu nástroje [2]:

$$K = l + \frac{5,5 \cdot r}{t} \quad [-] \quad (5)$$

kde l – délka stříhu [mm]

r – poloměr otupení břitu [mm]

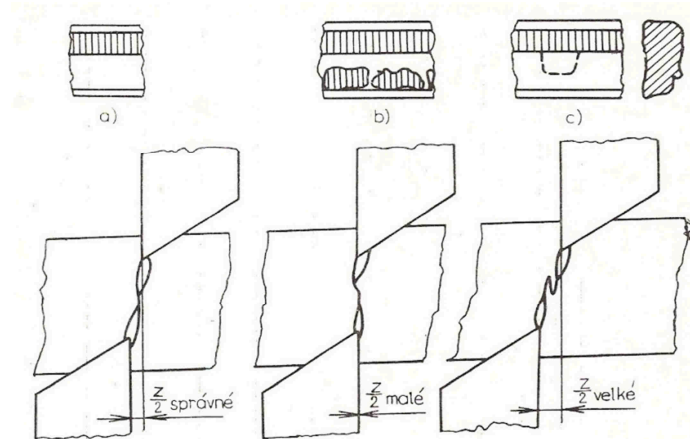
t – tloušťka materiálu [mm]

Výsledná velikost střížné síly se také může měnit různými úpravami střížných břitů. Například při zkosení střížníku stříh probíhá postupně. Tím se dosáhne zmenšení střížné síly [2].

Střížná vůle

Při stříhání vniká střížník do střížnice s patřičnou vůlí. Střížná vůle je dána rozdílem rozměru střížníku a střížnice. Rozdíl mezi poloměry nám udává střížnou mezeru. Její velikost by měla být rovnoměrná na všech místech křivky stříhu. Správně zvolená střížná vůle zaručí, že se trhliny vzniklé při stříhu setkají. Tím tedy dojde ke správnému usmýknutí stříhané plochy, viz obr. 4. Střížná vůle nám také ovlivňuje velikost střížné síly,

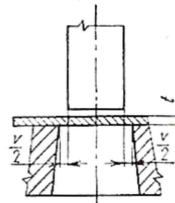
trvanlivost břitů nástroje, kvalitu stříhaných ploch a vznik ostrin. U volby velikosti střížné vůle hraje nejdůležitější roli požadovaný rozměr výstřížku či otvoru. Při nestejném rozložení střížné vůle po obvodě vznikají vady a ostriny na střížné ploše [2].



Obr. 4 – Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy – a) optimální střížná vůle; b) malá střížná vůle; c) velká střížná vůle [3]

Velikost střížné vůle závisí na více činitelích, a to především na druhu stříhaného materiálu a na jeho tloušťce. Nástroje s dlouhou životností se zpravidla vyrábí s dolní hranicí střížné vůle a v průběhu opotřebení nástrojů se střížná vůle zvětšuje [2].

Tabulka 1 – Příklady velikostí střížné vůle [2]

	Druh materiálu	Střížná vůle (% t)	
		do 2,5 mm	2,5 až 6 mm
	Ocel měkká	5	7 až 8
	Ocel středně tvrdá	6	6 až 8
	Ocel tvrdá	7 až 9	7 až 10
	Hliník	4 až 7	5 až 9
	Dural	7 až 8	7 až 10
	Měď měkká	4 až 5	5 až 6
	Měď polotvrdá a tvrdá	6 až 7	6 až 7
	Mosaz měkká	4 až 5	4 až 6
	Mosaz polotvrdá a tvrdá	5 až 6	5 až 7
	Papír, lepenka	2 až 3	3
	Fibr, textil	2 až 4	—

Pro stanovení správné střížné vůle je možné použít těchto vztahů [3].

Pro materiál do $s \leq 3\text{ mm}$ platí:

$$v = 2 \cdot C \cdot s \cdot \sqrt{\tau_{Ps}} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

Pro materiál do $s \geq 3mm$ platí:

$$v = 2 \cdot (1,5 \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_{Ps}} \quad [mm] \quad (7)$$

kde s – tloušťka materiálu [mm]

τ_{Ps} – pevnost ve střihu [MPa]

C – součinitel závislý na stupni střihu, volíme v rozmezí $0,005 \div 0,035$ [-]

Životnost nástrojů

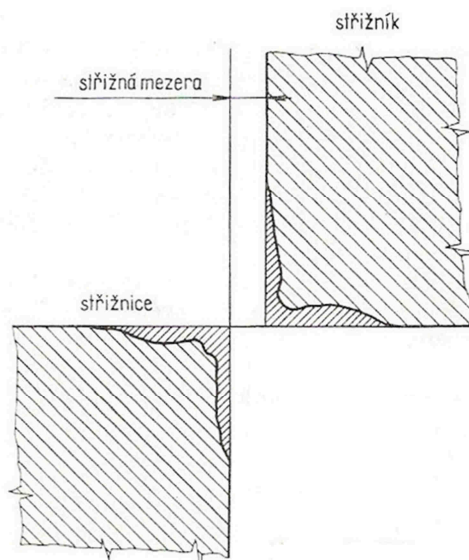
Životnost nástrojů se posuzuje podle počtu vyrobených výstřižků v požadovaných rozměrech a kvalitě. Pokud již nástroj nelze naostřit nebo opravit je již úplně opotřebován.

Životnost nástroje ovlivňují především tyto činitele [2]:

- 1) tvar a velikost výstřižku,
- 2) druh a kvalita nástroje,
- 3) zatížení a stav lisu,
- 4) péče o nástroj,
- 5) zpracovaný materiál.

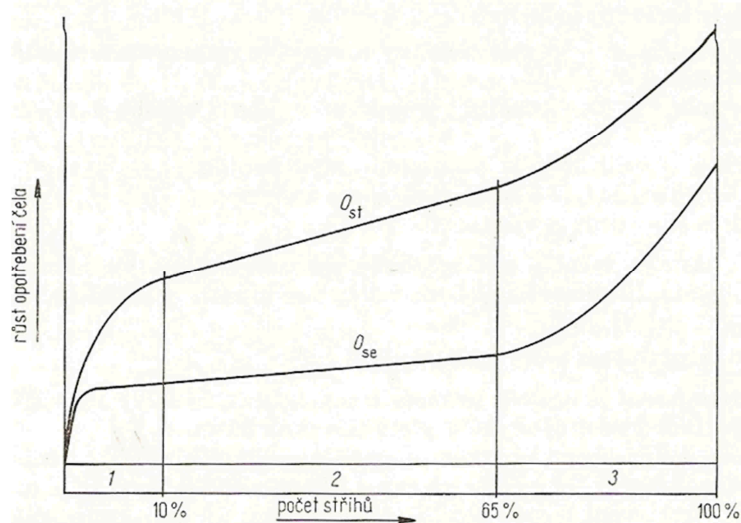
Hlavním ukazatelem opotřebení nástroje jsou výstřižky se špatnou kvalitou střižných hran. U nástrojů tak rozlišujeme dvojí trvanlivost, a to celkovou trvanlivost což je životnost nástroje a dílčí trvanlivost, která značí dobu mezi dvěma přebroušeními [2].

Opotřebení nástroje je způsobeno úbytkem materiálu z činných ploch střižníku a střižnice. Boky činných ploch nástrojů mají nepravidelný tvar kuželu. Tvar opotřebovaných ploch vidíme na obr. 5. Opotřebení vzniká při postupném vnikání střižníku do materiálu. Na střižných hranách nástroje vznikají vysoké tlaky, které způsobují vlivem adheze a abraze opotřebení [2].



Obr. 5 – Tvar opotřebených střížných ploch nástrojů [2]

Na obr. 6 jsou křivky opotřebení nástroje rozděleny do 3 pásem. V 1. pásmu se na začátku stříhání rychleji otupí ostré hrany nástroje. Ve 2. pásmu probíhá otupení pomaleji a ve 3. pásmu dochází vlivem deformace k rychlému opotřebení nástroje. Je to dáno tím, že při větším otupení nástroje nám roste velikost potřebné střížné síly [2].



Obr. 6 – Křivka růstu opotřebení nástroje O_{st} – střížníku, O_{se} – střížnice [2]

1.3 Úvod do problematiky technologie lepení

V současnosti se technologie lepení stala jednou ze základních technologií spojování různých druhů materiálů téměř ve všech odvětvích průmyslu. Velkou výhodou oproti ostatním technologiím je, že základní materiál lepeného spoje není nijak ovlivněn. Důležitým parametrem technologie lepení je efektivnost a ekonomičnost. Proto se technologie lepení stále více využívá v automobilovém a leteckém průmyslu. Většinou se jedná o lepidla chemoreaktivní, která chemickou cestou vytvrzují z kapaliny na tuhou látku buď chemickou reakcí nebo polymerací nebo polyadací. Vytvrzování může probíhat velmi rychle - vteřinová lepidla, nebo pomaleji v minutách - rychlé epoxidy, nebo i v hodinách a ve dnech - jednosložkové silikony či polyuretanová lepidla [6].

Podstata lepení

Povrchy adherendů (lepené povrchy) nemají ideálně rovný povrch a vypadají jako dvě protilehlá pohoří, u kterých se dotýkají jen některé vrcholy, tedy místa příliš malá, než aby se dostatečně projevila molekulární přitažlivost. Úloha lepidla je tedy ve vytvoření spojovacích můstků mezi rozeklanými plochami. Tím se vytvoří adhezní síly k těmto plochám a tyto síly ve spojení s kohezními silami obě plochy spojí.

Pevnost spoje je tedy dána dvěma faktory:

a) **adhezí** - tzn. přilnavostí lepidla k povrchu.

Vzájemné přitahování dvou protilehlých povrchů adhezními silami. Adheze úzce souvisí s molekulovou strukturou lepidla. Je tedy výsledkem působení fyzikálních sil, mezimolekulárních a chemických vazeb [6].

b) **kohezí** tzn. soudržnost lepidla.

Charakterizuje stav lepidla, ve kterém drží její částice působením mezimolekulárních a valenčních sil pohromadě. Velikost koheze je dána tzv. kohezní energií, je to energie potřebná k odtržení jedné částičky od ostatních [6].

Podle pravidla, že řetěz je pevný tak jako jeho nejslabší článek, by měly být adhezní a kohezní síly přibližně stejně velké. Důležitá je především vhodná konstrukce spoje, vhodná kombinace materiálů a lepidla, správný technologický postup lepení [6].

Výběr vhodného lepidla

Pro správnou volbu lepidla musíme znát druhy lepených materiálů, dále pak požadavky na pevnost spoje a provozní předpoklady pro aplikaci lepidla. Při výběru lepidla je hlavním ukazatelem složení a struktura materiálů obou lepených dílců, abychom zajistili dobrou adhezi k oběma povrchům. Dalším parametrem při volbě lepidla je propustnost plynů z hlediska složení lepidla a jeho způsobu tuhnutí.

Úprava povrchu

Předpokladem pevného lepeného spoje je důkladné očištění lepených ploch od olejů, tuků, prachu a dalších nečistot. Odmaštění je možné provést postupně v několika lázních. V první se provádí hrubé očištění, poslední slouží k finálnímu čištění. Dříve byl jako čistící medium používán trichlor nebo perchlor, dnes se používají speciální ekologické přípravky na bázi saponátů. Povrchy kovů bývají často potažené i vrstvou oxidů, které odstraňujeme mechanickými úpravami povrchu. Nejčastěji se používají technologie tryskání, kartáčování nebo smirkování.

Demontáž lepených spojů

Většinu z běžných spojů lze demontovat obvyklými metodami jako stahováním nebo vylisováním. U pevných lepených spojů se díly musí zahřívat až na $250 \div 350^{\circ}\text{C}$. Zbytky lepidla je nutné odstranit mechanicky nebo chemicky odstraňovačem lepidla.

Výhody lepených spojů

Mezi výhody lepených spojů patří: zvýšení pevnosti, zvýšení bezpečnosti při poruše, snížení výrobních nákladů, těsnost spoje, zvýšená odolnost proti korozi, možnost spojování různých materiálů, možnost spojování velmi tenkých materiálů, možnost miniaturizace, tlumení vibrací, možnost spojování velkých ploch, snížení hmotnosti konstrukce, úspora lícování, možnost výroby spoje s dobrou elektrickou, tepelnou a zvukovou izolací, nebo spoje s dobrou elektrickou vodivostí, možnost provádět spoje za nízké teploty [5].



Nevýhody lepených spojů

Hlavními nevýhodami lepených spojů jsou: vysoké požadavky na rovinnost a čistotu povrchu lepených dílců, nerozebíratelný spoj, malá odolnost proti zvýšení teploty a odlupování, nutná potřeba vytvrzovacích přípravků, u některých druhů lepidel dlouhé vytvrzovací doby, náchylnost ke creepu [5].

Lepení polypropylénu

Pro získání konstrukčně pevných spojů u polypropylenu musíme zajistit vhodnou povrchovou úpravu základního materiálu. Tato úprava musí vést ke zvýšení jeho polaritu. V praxi se využívá oxidace působením plamene, leptání kyselinou chromsírovou aj. [4].

Primery

Rozvoj a vývoj nových lepidel syntézou polymerů a kopolymerů zaznamenal rozvoj takzvaných primerů, které zajišťují lepší adhezi lepených spojů. Funkce primerů je zaměřena právě na adhezní složku pevnosti lepeného spoje. Z praxe je vyzorováno, že porucha dobrého konstrukčního lepeného spoje postihuje lepený adherend. V těchto případech je vhodné použít právě primer. Využívá se převážně tam, kde požadujeme dosažení dobré adhezní pevnosti spojů. Primery jsou vyvíjeny pro různé skupiny lepidel podle jejich chemické podstaty. Rozdílné primery jsou používány například pro epoxidové, fenol-formaldehydové, polyesterové a další materiály [5].

Příklady aplikace lepení při výrobě automobilů

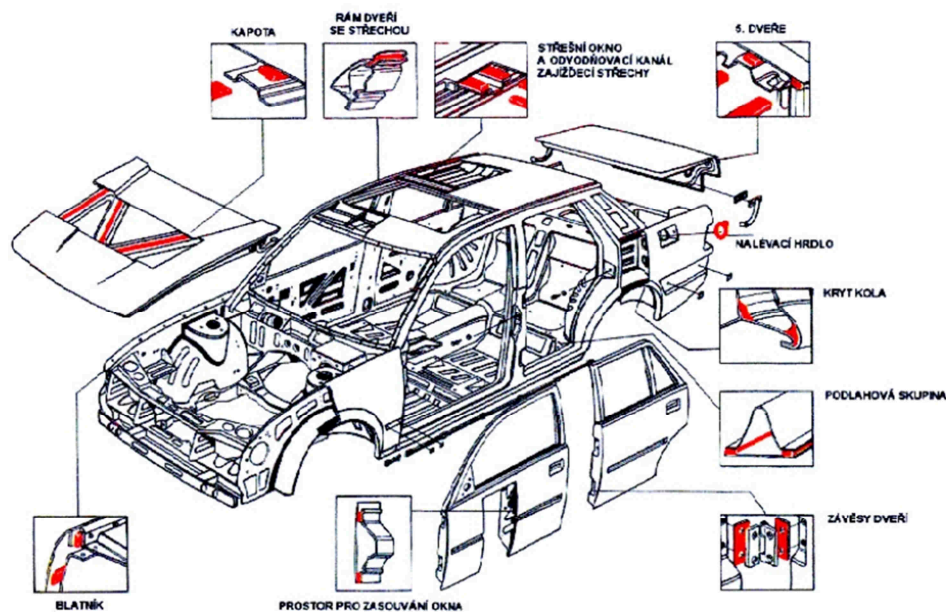
Spojování jednotlivých dílců klasickými způsoby jako je šroubování, slisování či bodové svařování nikdy plně neodstraní nerovnosti či dutiny v místě dotyku. V automobilovém průmyslu je současným trendem nahrazovat svary, ale také šrouby a nýty pomocí lepení. Lepidla používaná v průmyslu obsahují například pryžové částičky, které fungují jako tlumivé prvky. Otřes vznikající při nárazu na povrchu se šíří jen ke spodní vrstvě lepidla kde se utlumí.

Pomocí technologie lepení se dá zlepšit chování karoserie při nárazu automobilu, lepené spoje se skládají či zvrásňují. Karoserie tak při deformaci pohltí více energie

a automobil je pro posádku bezpečnější. Technologie lepení výrazně zvyšuje torzní a ohybovou pevnost karoserie. Vozidlo je tedy odolnější proti deformaci a to i po deseti letech provozu. Bodové svary na karoserii vozu za deset let používání ztrácejí téměř jednu desetinu své tuhosti. Tímto může docházet například k tomu, že dveře opotřebované karoserie tak přesně nedosedají.

Největším problémem při lepení částí karoserie je potřebná doba na vytvrzení. Aby se díly kvalitně slepily, musí být dotykové plochy nejen perfektně čisté, ale i zafixovány do doby dokud lepidlo nezatvrdne. Proto se do montážních linek vkládají sušící pece či jiná zařízení, v nich se slepené díly vytvrzují.

Technologie lepení se v automobilkách nepoužívá jen ke spojování dílů karoserií. Běžně se jich už používá u součástí, sloužících k tepelné a zvukové izolaci a k izolaci a tlumení vibrací a nárazů. Přilepeny jsou například sisalové potahy v úložném prostoru, pružné gumové tlumiče chvění na karoserii, brzdová obložení či podlahy.



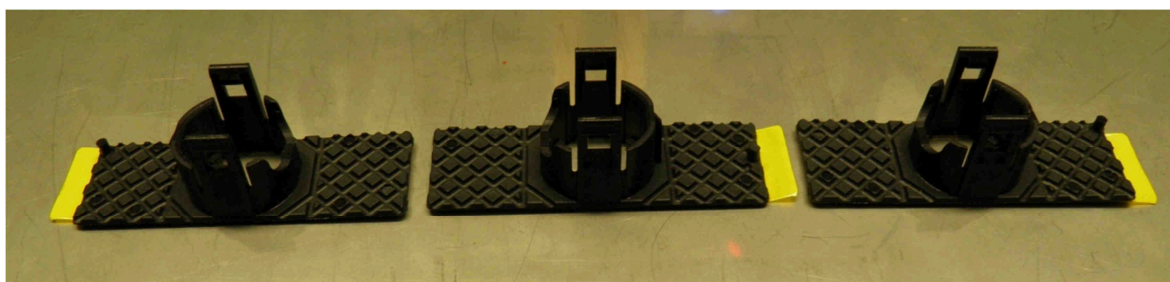
Obr. 7 – Příklad použití lepidel ve stavbě karoserie automobilu [6]

2 Požadavky na zařízení

Hlavním požadavkem na výrobní zařízení je, aby děrované otvory byly stabilně vystřihovány v odpovídajícím tvaru, poloze a tolerancích. Stříhány jsou tři otvory na zadním nárazníku, které slouží pro PDC senzory. Nárazník je zhotoven z polypropylenu a při stříhání a lepení je již nalakován. Při zakládání je tedy potřeba dbát aby se nárazník nepoškodil. Na prostřižené hraně byl požadován rádius 0,5mm, a to z důvodu zamaskování střižné hrany. Ve druhé fázi se následně nalepí 3 držáky pro PDC senzory speciální oboustrannou lepicí páskou.



Obr. 8 – Děrovaný zadní nárazník



Obr. 9 – Držáky pro PDC senzory

Nosný rám

Další požadavek se vztahuje na nosný rám. Požadována je jeho stabilita a odolnost vůči silovému zatížení. Nosný rám může být zhotoven ze svařovaných ocelových profilů. Pro snadné přemísťování děrovacího zařízení bude rám opatřen profily se světlostí pro vysokozdvizné vozíky a závěsná oka pro manipulaci s jeřábem. Spodní část rámu je

opatřena výškově stavitelnými prvky, které musí být během používání zařízení stabilní. Velikost nosného rámu a chráněného prostoru musí být s co nejmenšími vnějšími rozměry s ohledem na bezpečnost a ergonomii pracoviště.

Ochranný rám

Ochranný rám musí být dle stanov bezpečnostních předpisů a předpisů k prevenci proti úrazům. Může/nemusí být řešen jako součást nosného rámu. V případě samostatné konstrukce ochranného rámu je požadováno rozebíratelné spojení mezi rámem a podlahou.

Jeho hlavní funkce je zamezení obsluze či cizím předmětům vniknutí do pracovního prostoru stroje mimo místa a času k tomu určených. Jako výplň lze použít pletivo, které však musí být dostatečně pevné, aby při opření pracovníka nedocházelo k průhybům. Manipulační prostor určený pro zakládání nárazníku do děrovacího zařízení bude opatřen světelnou závorou od firmy SICK, slouží k ochraně pracovníka po dobu výrobního cyklu. Funkčnost závory musí být doložena dodavatelem. Těleso určené pro testování světelné závory musí být upevněno k rámu pomocí lanka.

Rám ochranného krytu zhotovit z Al profilů. Otvory vyplnit pletivem či průhlednými plošnými elementy. Spodní část rámu opatřit výškově stavitelnými elementy sloužící pro vyrovnání nerovností podlahy. Velikost rámu řešit s ohledem, aby vnější rozměry byly minimální s ohledem na bezpečnost a ergonomii pracoviště. Ochranný rám konstruovat tak, aby byly dveře dostatečně velké a veškeré důležité části zařízení byly lehce dostupné pro údržbu a seřizovače. Součástí rámu budou i zásobníky na všechny 3 druhy držáků PDC senzorů. Jejich umístění musí být ergonomické, a být zároveň co nejblíže lepicím válcům.

Zakládací vozík

Zajištění dílu v děrovacím zařízení bude provedeno pomocí přísavek. Kryt zadní bude centrován ve dvou osách Y a Z pomocí výstupků ve středu zadního krytu a jeho upnutí na jeho bocích. Poloha v ose X musí být především zajištěna přísavkami. Automaticky bude kontrolováno správné dosednutí dílu do zakládacího vozíku a přísátí všech přísavek.

Další zajištění polohy musí zohledňovat, aby došlo ke stabilnímu dodržování výrobních tolerancí děrovaných otvorů a souososti lepení držáků PDC senzorů. Zadní kryt

je nutné podepřít spojitě v co největší ploše jeho vnitřního profilu. Především v okolí jeho středu a v okolí míst kde budou vystřihovány otvory. Je to z důvodu zamezení deformace profilu nárazníku při činnosti zařízení. Zakládací lože musí eliminovat jakékoliv tvarové odchylky nárazníku. Ustavení zadního krytu do správné polohy budou kontrolovat koncová čidla, které musí zabránit spuštění zařízení při špatném založení krytu.

Přítlačovací jednotka

Upínače dílu v místě děrování v děrovacím zařízení musí zajistit pevnou fixaci krytu v děrovací poloze, bez jakékoli možnosti změny polohy tohoto krytu během procesu děrování. Musí také zajistit snadné a rychlé vkládání a vyjímání krytu bez jakéhokoliv poškození. Upínače musí být provedeny tak, aby se v jejich tvarové části nemohly usazovat nečistoty, oděrky z dílů apod., které by jakkoliv poškozovaly nárazník. Kryt také nesmí být poškrábán od upínacích ramen během lepení. Upínací prvky či jiné části nesmí obsahovat silikon.

Děrovací jednotka

Děrovací jednotka musí být stavitelná ve všech osách v rozsahu minimálně o řád vyšší, než je hodnota požadované tolerance polohy otvoru. Po nastavení děrovací jednotky musí být její poloha dokonale zajištěna proti pohybu, s možností dodatečného seřízení. Je potřeba zajistit takovou geometrii břitu střížníku a střížnice tak, aby byl děrovaný obvod otvoru děrován najednou v závislosti na posuvu razníku. Tedy aby střížná hrana byla plynulá a vzhledová hrana otvoru byla plynule zaoblená v rádiusu, bez deformací, zbělených míst, zachování celistvosti laku, a aby spodní obvodová hrana neměla vývalek materiálu.

Střížná vůle musí být zvolena optimálně s ohledem na materiál děrovaných dílů, tak aby byly splněny všechny požadavky kvality kladené na děrovaný otvor a současně byl minimalizován vývalek. Vedení střížníku musí být vhodně spojené se střížníkem a dimenzované tak, aby nedocházelo ke změně jeho polohy při silovém zatížení, či časem k jeho otlacení. Vedení střížníku musí být opatřeno kuličkovým vodicím pouzdem.

Střížnou jednotku uzpůsobit tvaru nárazníku s ohledem na vhodnou velikost a tuhost zajišťující stálost tvaru střížné jednotky. Děrovací jednotka musí být upevněna s možností



dodatečného seřízení. Po jejím seřízení musí být upevnění dokonale zajištěno proti pohybu, kvůli velkým dynamickým rázům. Každý děrovaný otvor ze vzhledové strany bude mít rádius $R\ 0,5\text{ mm}$.

Zajištěno bude také, jednoduché a rychlé seřízení hloubky dojezdu hydraulického válce po prostřižení a lisování rádiusové hrany. Střížník a střížnice musí být konstruovány tak, aby byly snadno a rychle vyměnitelné z důvodu jejich častého ostření. Pro každý děrovaný otvor budou dodány 2 náhradní sady střížníku a střížnice.

Tvar střížníku bude stanoven na základě stříhových zkoušek. Materiál střížníku i střížnice zvolit ze silně odolného materiálu proti abrazivnímu opotřebení. Materiál nárazníku PP je plněný minerálem Sabic 108 (80%) + další příměsi.

Odpad z děrování vhodně odvádět do sběrných nádob, ke kterým musí být snadný přístup z důvodu vyjímání a čištění. Děrovací jednotky chránit před přímým zásahem vkládanými díly. Zabráni se jak poškození nárazníku, tak poškození děrovací jednotky.

Zdroje a pohonná média

Budou dostupné v místě pracoviště. Jako pohonné médium pro pneumatické části stroje použít upravený tlakový vzduch. Jmenovitý tlak vzduchu v rozvodu v závodě Magna Exteriors & Interiors s.r.o. Liberec je $0,6\text{ MPa}$. K dispozici bude i elektrický rozvod $400/230\text{V}/50\text{Hz}$.

Komponenty pneumatického obvodu

Jsou požadovány výhradně od firmy FESTO. Pneumatické motory použít o vhodné velikosti a opatřit každý válec tlumením vzad. Každý pneumatický válec musí mít 30% rezervu vyvozované síly. Všechny válce musí být zároveň zajištěny v koncových polohách i v případě odpojení pneumatického média. Jejich samovolný pohyb je nepřípustný. Použitý vzdušník musí eliminovat kolísání vstupního tlaku v pneumatickém rozvodu závodu a zajistit bezporuchový chod děrovacího zařízení.

Musí být také dimenzovaný v závislosti na počtu použitých válců. V pneumatickém systému bude výpustný ventil, který zajistí po vypnutí hlavního vypínače vypuštění

tlakového vzduchu ze systému. Všechny pohyblivé díly a hrany označit příslušnou značkou. Všechny manometry musí být kalibrovány, označeny štítkem a kalibrace doložena příslušným protokolem s určením intervalu doporučené rekaliibrace. Pneumatický obvod tlaku a podtlaku barevně odlišit.

Ovládání zařízení

Řízení děrovacího zařízení musí být intuitivní při ručním režimu seřizování. Zajistit automatický režim děrovacího zařízení pro děrování. Zařízení opatřit světelnou indikací jednotlivých stavů. Přepínání mezi automatickým a ručním režimem provést pomocí klíčového přepínače, který lze v automatickém režimu vyjmout. Zajistit návrat všech pohyblivých členů děrovacího zařízení do výchozí polohy, po zastavení stroje zmáčknutím tlačítka na ovládacím panelu. Ovládací a signalizační prvky umístit z hlediska účelového i ergonomického na co nejvýhodnější místo na děrovacím zařízení. Popis ovládacích prvků musí být proveden tak, aby po celou životnost stroje zůstal nezměněn.

Pro zajištění bezchybné činnosti děrovacího zařízení:

- a) Při nezaložení dílu v automatickém režimu se nesmí spustit výrobní cyklus.
- b) Při špatném založení dílu nebo upnutí v automatickém režimu se nesmí spustit výrobní cyklus.
- c) V případě přítomnosti pracovníka v pracovním prostoru stroje se nesmí spustit výrobní cyklus.
- d) Pokud některý z válců z předchozího cyklu nedosáhne koncové polohy, výrobní cyklus stroje se nesmí spustit.
- e) Stroj se nesmí spustit i v případě nízkého vstupního tlaku.
- f) Kontrola uložení držáku PDC senzoru a stržení ochranné pásky, která přesahuje přes okraj lepicí plochy.
- g) Způsob signalizace chyby a stavu volit co nejjednoznačněji, s přesnou identifikací místa a důvodu jejího vzniku.

Na vizualizačním displeji musí být zobrazována signalizace stavu na světelném majáčku, každý jednotlivý pracovní krok a každý pohyb musí být zaznamenán. Z hlediska účelového i ergonomického umístit displej a majáček na co nejvýhodnější místo. Hlášení



poruchy se potvrdí tlačítkem RESET, poté půjde pokračovat v automatickém režimu po stisku tlačítka START.

Řídící jednotka děrovacího zařízení musí uchovávat základní informace z deseti posledních děrovaných dílů. Minimálně datum a čas děrování, číslo zdvihu, dobu děrování, pořadové číslo děrování a status výsledku děrování. To vše musí být v přístupných retentivních blocích řídicí jednotky. Řídící jednotka musí být osazena buď wifi či ethernet modulem pro komunikaci po síti.

Z důvodu kontroly záměny varianty operátorem, musí děrovací lože mít zabudovanou statickou čtečku čárového kódu schopnou automaticky po uložení nárazníku přečíst čárový kód a vyhodnotit, zda je kryt povoleno prostříhnout. Nadřazený systém bude zapisovat do PLC čárové kódy s ID dílů, které jsou odvolávány právě s variantou PDC. Děrovací zařízení před spuštěním chodu tuto tabulku kódů projde, a pokud objeví daný kód, pak povolí spustit výrobní proces. V opačném případě se na displeji musí objevit varování a proces se nesmí spustit. Do PLC musí být možnost vepsat frontu min. 40 číselných čárových kódů.

V případě děrování náhradních dílů musí být stroj opatřen ruční čtečkou čárových kódů. Ta při načtení pevně definovaného kódu bude schopna přerušit/obejít kontrolu varianty záměny a umožní tak sekvenčně vytvářet náhradní díly, které nejsou opatřeny čárovým kódem. V případě poruchy stacionární čtečky kódů by ruční čtečka měla být schopná ji nahradit. Řídící jednotka by měla mít dostatečný počet volných vstupů a výstupů pro případně připojení čidel cca 30% rezerva.

V okolí vystřižených otvorů v nárazníku bude kontrola primeru pomocí UV čidel a zamezit spuštění stroje v případě, že primer nebyl nanesen. Případně vizuálně operátorovi viditelně předat informaci, které čidlo tento problém nahlásilo. Vyhodnocení chyby světelně neslučovat s kontrolou založení držáku PDC senzoru.

Barevné značení dílců

Ochranné prvky	Hořčíkově žluté RAL 1021
Pohyblivé prvky	Žluto oranžové RAL 1007, či žluto černé
Výrobní zařízení	Jasně modré RAL 5002
Přepínací a řídicí skříně	Šedé RAL 7032

Barevné značení je možné ještě před schválením konstrukčního návrhu změnit.

Ostatní vybavení děrovacího zařízení

Zařízení musí být vybaveno světelnými ovládacími tlačítky. Všechny pohyby děrovacího zařízení musí být kontrolovatelné, jak v základací části, tak v koncové poloze. Veškeré koncové spínače musí být vybaveny kontrolkou LED. Ty musí být viditelné a hlavně snadno přístupné a zároveň pevně stavitelné. V pracovním prostoru stroje bude k dispozici rychlospojka pro připojení vzduchové pistole. Součástí zařízení bude i držák na pití a držák na odložení spreje s primerem.

U zařízení musí být dva typy visuálních počítadel pracovních cyklů:

- 1) Počítadlo s možností resetování počtu cyklů, umístit na snadno dostupné a viditelné místo.
- 2) Počítadlo s celkovým počtem cyklů, bez možnosti resetování (umístit do rozvodné skříně, odečet počtů musí jít i při zavřené skříně).

Pracovní prostor děrovacího zařízení musí být dostatečně osvětlen neoslňujícím světlem o dostatečné intenzitě. Toto je především z důvodu potřeby kontroly kvality střížné hrany.

Děrovací zařízení bude esteticky a účelově zakrytováno s možností snadné montáže i demontáže. Veškeré části stroje, které přijdou do styku s nárazníkem, budou opatřeny vhodným materiálem, aby nedošlo ke znehodnocení nárazníku. Rám stroje bude označen hliníkovým typovým štítkem a připevněn nerozebíratelným spojem k rámu. Štítek musí být čitelný po celou dobu životnosti stroje.

Průběh výrobního procesu

- **Kapacita** – výrobní kapacita při plném vytížení stroje bude 145 vozů/pracovní den po rozjezdu výroby naplno. Předběžný odhad produkce v začátcích je 55%. Tedy 80 ks/den. Odhad trvání projektu je min. 6 let. K obsluze zařízení je potřeba 1 pracovníka. Provedení pracovního cyklu musí být v co nejkratším čase, max. strojní čas je 35 s v automatickém režimu.
- **Průběh pracovního postupu** – Pracovník odebere postupně 3 ks držáků PDC senzorů, strhne ochrannou fólii lepících částí a vloží je do zakládacích hnízd. V dalším kroku vloží nárazník do zakládacího lože děrovacího zařízení. Poté uvede zařízení v činnost. Po automatickém cyklu vyjme nárazník a zkontroluje prostřižené hrany. V posledním kroku odnese nárazník do montážního stojanu.
- **Kvalita procesu** – Veškeré plochy, které přicházejí do kontaktu nebo mohou přijít do kontaktu se vzhledovou plochou výrobku, musí být opatřeny materiálem nepoškozující povrch i samotný díl při dodržení minimálních vzdáleností od potenciálně nebezpečných částí stroje. Míra nebezpečí poškození dílu v průběhu celého výrobního cyklu bude odzkoušeno na zkušební dávce. Zařízení musí být schopno vyrábět v rámci výrobních tolerancí předepsaných výrobcem. Zmetkovitost nesmí překročit mez 0,5%. Zhotovitel zařízení musí zajistit minimální poruchovost systému děrovacího řízení. Zadavatel si vyhrazuje právo po skončení montáže kontrolovat stav výroby.

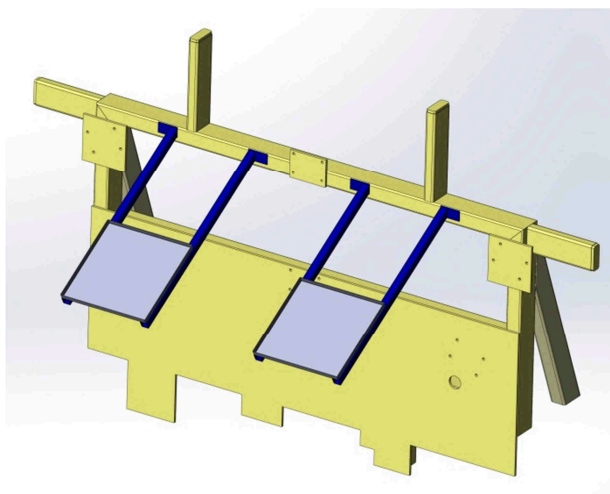
3 Konstrukce zařízení a výroba montážních podskupin

Tvorba konstrukce děrovacího zařízení byla provedena podle výše uvedených požadavků. Jednalo se o první typ tohoto stroje vyráběný ve firmě LUX spol. s r.o., proto se konstrukce musela postupně upravovat v rámci vývoje. Základní princip děrovacího zařízení byl převzat z již hotových zařízení ve firmě MAGNA, kde nám bylo umožněno vytvořit si podklady a hlavně vodící fotodokumentaci. Stěžejní částí celého zařízení bylo vyrobení vhodného střížníku a střížnice tak, aby stříhaný otvor odpovídal svým rozměrem a jakostí požadavkům zákazníka.

Konstrukce děrovacího zařízení byla rozdělena pro větší přehlednost a snadnější práci do jednotlivých podskupin. Stroj byl tedy rozdělen na rám, stůl, kryt, děrovací jednotku, lepicí jednotku, přidržovací jednotku, zakládací vozík, pneumatiku a hydrauliku. Popis jednotlivých skupin je uvedený níže.

3.1 Rám stroje

Rám stroje je zhotoven ze svařovaných ocelových profilů a z výpalků vypálených plasmou pro snadnější a rychlejší práci. Výstupky v horní části rámu slouží k uchycení krytování zařízení. Na základní desce jsou později upevněny střížné jednotky a přidržovací jednotky. Velké otvory slouží pro prostrčení hydraulických hadic k jednotlivým válcům. V zadní části jsou výztuhy a vpředu rámu jsou umístěné dvě konzole na PDC držáky. Při montáži se rám přivaří montážními svary ke stolu stroje.

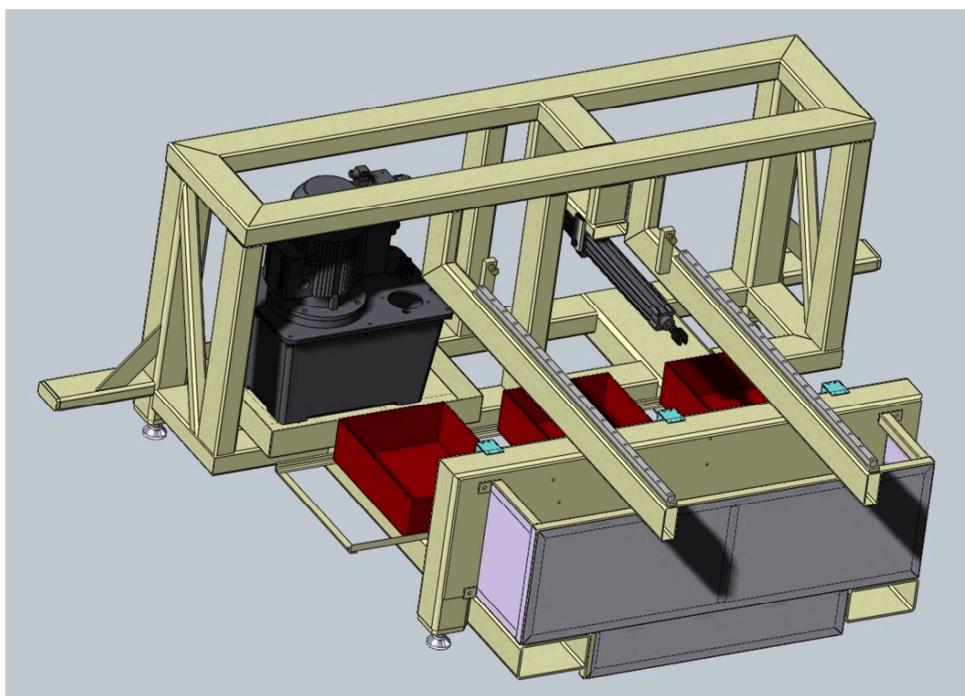


Obr. 10 – Rám stroje

3.2 Stůl stroje

Stůl stroje je rovněž proveden ze svařovaných ocelových profilů doplněných plasmovými výpalky. Spodní část stolu je opatřena velkými profily určenými pro přepravu vysokozdvizným vozíkem. V přední části je odnímatelný kryt pro lepicí jednotky, které jsou upevněny na desce a jsou zde umístěny i držáky LED diod, sloužících pro kontrolu založení PDC držáků v lepicích jednotkách.

Výška stolu je uzpůsobena jak pro rozměr děrovaného nárazníku, tak i pro rozměr hydraulického agregátu. Dolní část je dále opatřena profily pro umístění sběrných boxů na výstřižky vzniklých při děrování. Součástí stolu jsou i konzole na uchycení pneumatického válce a kolejnic sloužících pro lineární pohyb základního vozíku. Dále je pak pod hydraulickým agregátem přivařená olejová vana, sloužící pro případné zachycení unikajícího oleje z agregátu či hadic. Krytování stroje je při montáži přichyceno na výstupky na obou bocích a v zadní části stolu.

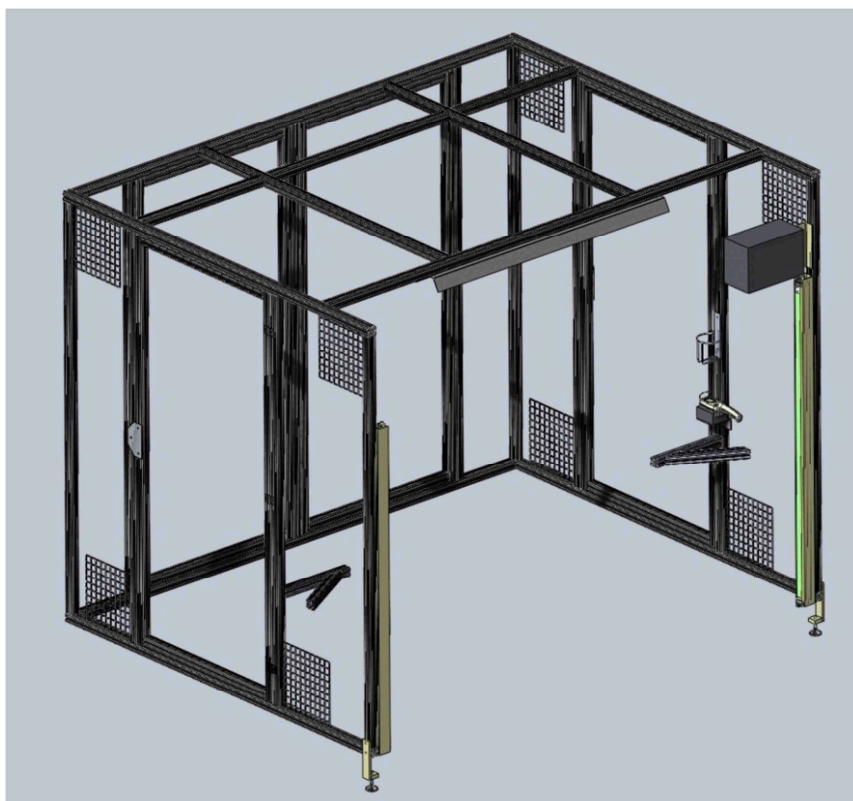


Obr. 11 – Stůl stroje s lineárním vedením

3.3 Krytování

Krytování děrovacího zařízení je zhotoveno z hliníkových profilů dle požadavků zákazníka. Veškeré otvory včetně dveří jsou vyplněny pletivem ze silného drátu a s jemnými oky pro zabránění jakémukoliv vniknutí do boků a zadního prostoru stroje. Dveře jsou určeny především pro snadný přístup k důležitým částem při údržbě či opravě děrovacího zařízení.


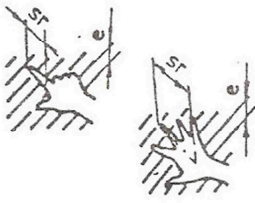
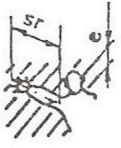
Otevřený prostor vpředu je opatřen světelnými závory od firmy SICK s nízkým rozlišením. Tyto závory slouží k případnému vypnutí stroje při vniknutí osoby do pracovního prostoru při pracovním chodu zařízení. Navíc jsou závory zakryty plechovým krytem, který je chrání před poškozením. Nad světelnou závorou vpravo je umístěn hlavní ovládací panel, kterým pracovník obsluhuje zařízení a spouští pracovní chod. Vpravo je ještě umístěna ruční čtečka čárových kódů a čtečka kódů typu DALLAS. Součástí krytování je i držák na pití pro obsluhu zařízení. Výstupky na bocích slouží k zamezení přístupu do zadní části stroje. Osvětlení pracoviště zajišťuje světlo umístěné v místě zakládání a vyjímání nárazníku. Dostatečné osvětlení je zde z důvodu potřeby kontroly kvality střížných hran po děrování.



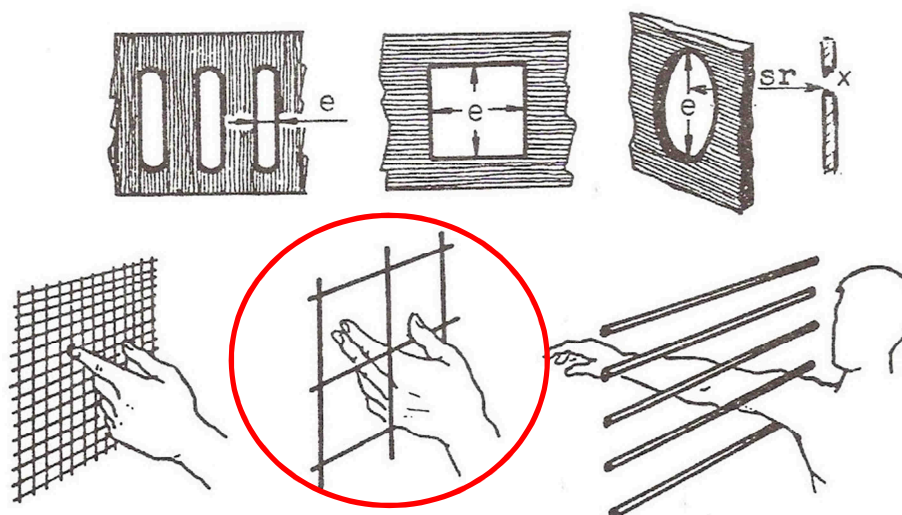
Obr. 12 – Ochranný kryt děrovacího zařízení

Kvůli bezpečnosti jsme z následujícího obr. 13 určili velikost ok pletiva a minimální bezpečnou vzdálenost od pletiva k funkčním částem stroje. Zvolili jsme velikost ok pletiva na 40x40 mm. Pro typ tohoto pletiva je minimální doporučená bezpečná vzdálenost od funkčních částí stroje ≥ 200 mm. V našem případě je vzdálenost pletiva od stroje ≥ 300 mm, čili krytování stroje z hlediska bezpečnosti zcela vyhovuje.

Rozměry v mm

Část těla	Vyobrazení	Otvor	Bezpečná vzdálenost sr		
			šlěrbina	čtverec	kruh
Špička prstu		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Celý prst až ke kotěnu nebo ruka		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	≥ 120	≥ 120
Paže až po ramenní kloub		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

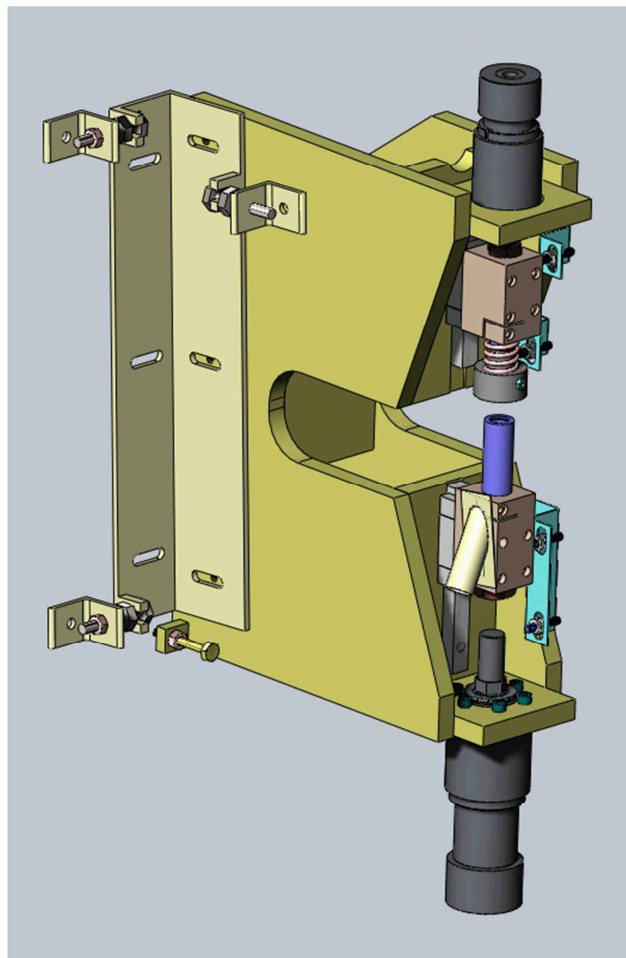
1) Jestliže je délka šlěrbinového otvoru ≤ 65 mm, palec omezuje vniknutí a bezpečná vzdálenost může být snížena na 200 mm.



Obr. 13 – Nebezpečné dosahy přes pravidelné otvory [12]

3.4 Děrovací jednotka

Děrovací jednotka je nejdůležitější částí děrovacího zařízení. Tělo děrovací jednotky je z důvodu velkého silového zatížení svařeno ze silných výpalků vypálených plasmou. Z úsporných důvodů jsou obrobena pouze dosedací plochy pod hydraulickými válci a lineárním vedením, které zajišťuje větší přesnost při vedení nástrojů. Na horní hydraulický válec je upevněna kostka, která je upevněna k lineárnímu vedení. V kostce je pomocí svěrného spoje uložen střížník. Přidržovač je řešen jednoduše. Ve střížníku je drážka, ve které chodí stavěcí šroub. Vrch přidržovače drží nasazená pružina, která je v kostce uchycena také svěrným spojením. Velikost zdvihu střížníku lze regulovat pomocí matice a kontrolního disku. Závit má jemné stoupání pro přesnější nastavení zdvihu. Správný chod válce je kontrolován dvojicí čidel. Oba hydraulické válce jsou od firmy MERKLE.



Obr. 14 – Děrovací jednotka

Spodní část děrovací jednotky je podobná té vrchní, liší se v několika detailech. Spodní hydraulický válec má menší zdvih, ale vyvozuje větší sílu než vrchní válec. Kostka je uchycena stejným způsobem. Je v ní vyfrézovaný otvor pro odvod výstřížků vzniklých při děrování. Na kostce je přišroubován nástavec na trubku pro odvod odpadu. Střížnice je uchycena také svěrným spojem. Regulace zdvihu je řešena stejným způsobem, jako je tomu u horního válce. Opět zde správný chod válce kontroluje dvojice čidel.

Na obr. 14 je na boku ocelový L profil, kterým je děrovací jednotka uchycena na rám stroje. L profil je opatřen navařenými kostkami se závitem, které slouží pro nastavení děrovací jednotky do správné polohy pro děrování.



Obr. 15 – Vpravo vzorky při určování velikosti střížné síly; vlevo tvar střížníku a střížnice

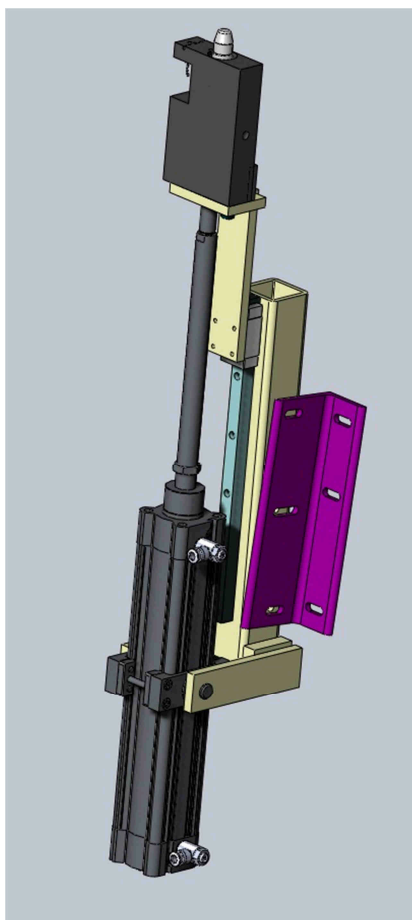
Na obr. 15 vlevo je vidět tvar střížníku a střížnice. V levé části je vzorek materiálu, který jsme měli k dispozici od firmy MAGNA. Na těchto vzorcích jsme testovali velikost potřebné střížné síly a velikost potřebné střížné vůle. Jelikož materiál, ze kterého je nárazník zhotoven, je polypropylen s příměsí minerálu Sabic 108, dochází po děrování k zatahování materiálu. Požadovaný rozměr vystřiženého otvoru je $\varnothing 18,2$ mm, z důvodu smrštění materiálu je střížník $\varnothing 18,34$ mm a střížnice $\varnothing 18,54$ mm. Potřebná střížná vůle je tedy 0,2 mm.

Po vyrobení správných střížných nástrojů jsme určili výslednou velikost střížné síly. Hlavním požadavkem byl kvalitní prostřih bez jakýchkoliv stop po poškození laku či nárazníku. Po sérii zkušebních prostřihů jsme jako optimální velikost střížné síly stanovili $F_s = 20\,000$ N.

3.5 Lepicí jednotka

Lepicí jednotka slouží k lepení založených PDC držáků na děrovaný zadní nárazník. Tělo lepicí jednotky je svařeno z ocelového profilu a pásovin. Zdvih zde zajišťuje pneumatický válec uložený na kyvném kloubu. Přesnost lepení zajišťuje lineární vedení, na kterém je upevněna konzole s lepicím hrotem. Do lepicího hrotu se zakládá PDC držák, který má na lepicí straně ochrannou fólii. Tato fólie se musí před spuštěním chodu stroje odstranit. Založení PDC držáku a odstranění ochranné fólie kontrolují dvě čidla umístěná ve výrezu lepicího hrotu. Signalizace dodržení těchto podmínek je umístěna na viditelném místě stolu stroje. Profil L slouží k připevnění ke stolu stroje. Drážky slouží pro nastavení správné polohy pro lepení.

Válce lepicích jednotek jsou napojeny na vzdušník. Tento zásobník vzduchu zajišťuje stálý tlak pro všechny tři válce.



Obr. 16 – Lepicí jednotka

Dovolený pokles tlaku ve vzdušníku byl 20% při odběru všech válců. Typ válce DFM-50-250 odebraný objem jedním válcem je:

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot v = \frac{\pi}{4} \cdot 0,05^2 \cdot 0,25 = 4,9 \cdot 10^{-4} m^3 \cong 0,5l \quad (8)$$

Odběr jedním válcem je 0,5 l vzduchu. Vstupní tlak do zařízení je 6 bar. Předběžně jsem volil vzdušník o objemu 10 l a dosadil do vzorce 9:

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_1 - V_2} - p_1 \quad (9)$$

$$p_2 = \frac{600 \cdot 10}{10 - 0,5} - 600 = 31,6kPa \cong 0,32bar \cong 5\%$$

kde p_2 – pokles tlaku [kPa]

p_1 – vstupní tlak [kPa]

V_1 – objem vzdušníku [l]

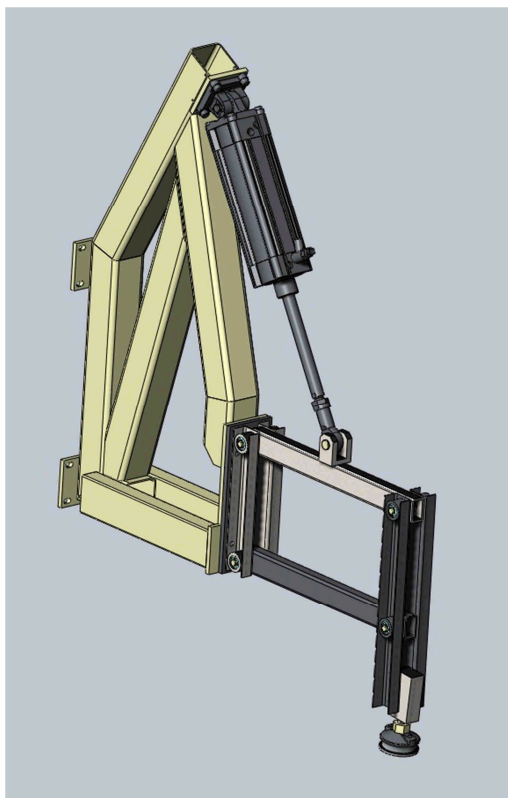
V_2 – odebraný objem 1 válcem [l]

Z výsledku rovnice 9 je patrné, že při odběru jednoho válce tlak v nádobě poklesne o 5%. Tudíž 10 l vzdušník pro 3 tyto válce vyhovuje.

3.6 Přítlačovací jednotka

Přítlačovací jednotka slouží k vyvození přítlačovací síly při lepení, aby nedošlo k uvolnění nárazníku ze základacího vozíku. Tělo konzole je ze svařovaných ocelových profilů s výpalky, za které je přítlačovací jednotka upevněna na rámu stroje. Zdvih zde zajišťuje pneumatický válec uložený kyvným čepem na jeho obou stranách. Kyvné rameno je tvořeno z ohýbaných plechů a ocelových profilů. Čepy jsou uloženy do ložisek. Ve spodní části je nastavitelný dosed pro dosednutí přítlačovače na nárazník. Při výrobě nesmí docházet k poškození laku či nárazníku. Dosedový materiál musí být tedy šetrný.

Válce přítlačovacích jednotek jsou napojeny na vzdušník. Tento zásobník vzduchu zajišťuje stálý tlak pro všechny tři válce.



Obr. 17 – Přítlačovací jednotka

Dovolený pokles tlaku ve vzdušníku byl 20% při odběru všech válců. Typ válce DNCB-80-200 odebraný objem jedním válcem je:

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot v = \frac{\pi}{4} \cdot 0,05^2 \cdot 0,25 = 4,9 \cdot 10^{-4} m^3 \cong 0,5l$$

Odběr jedním válcem je 1 l vzduchu. Vstupní tlak do zařízení je 6 bar. Předběžně jsem volil vzdušník o objemu 20 l a dosadil do vzorce:

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_1 - V_2} - p_1$$

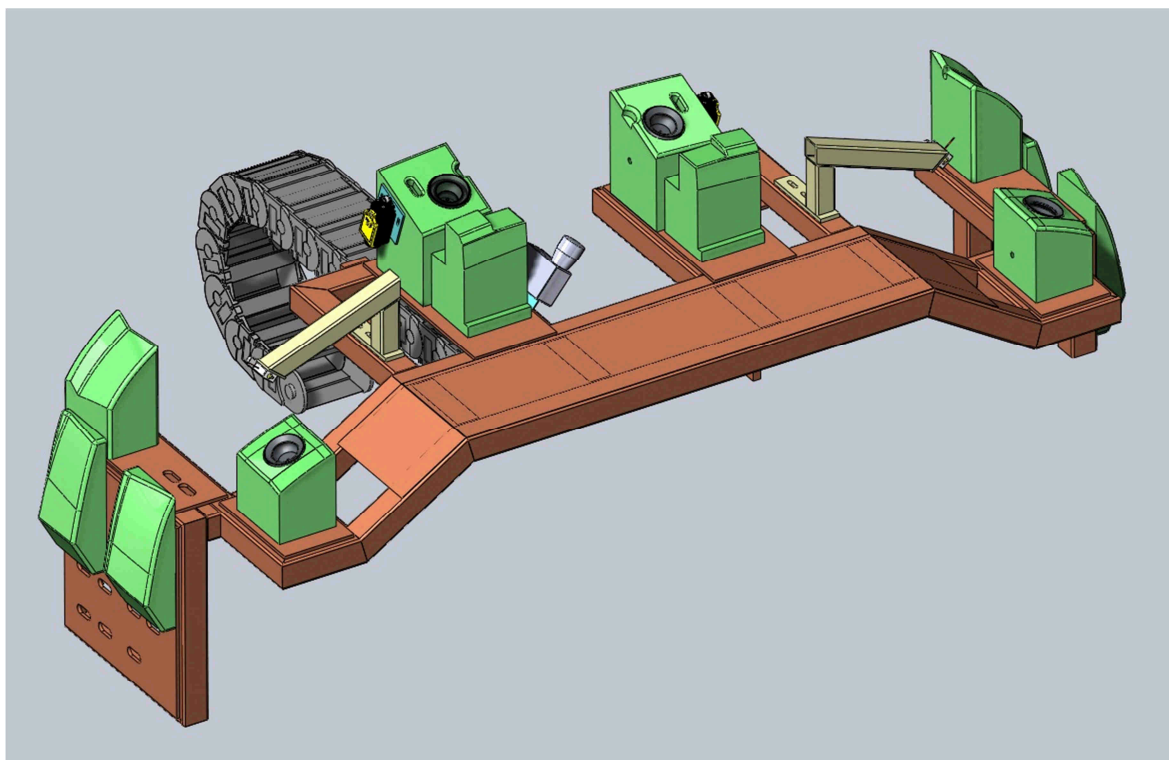
$$p_2 = \frac{600 \cdot 20}{20 - 1} - 600 = 31,6 kPa \cong 0,32 bar \cong 5\%$$

Z výsledku je patrné, že při odběru jednoho válce tlak v nádobě poklesne o 5%. Tudíž 20 l vzdušník pro 3 tyto válce vyhovuje.

3.7 Zakládací vozík

Zakládací vozík slouží k založení nárazníku a zajišťuje přesné vedení do jednotlivých pracovních poloh. Jako pohon slouží pneumatický pohon upevněný na stole stroje. Přesné vedení zajišťuje lineární vedení se. Kostra vozíku je svařená z ocelových profilů a výpalků, na kterých jsou upevněny opěrná kopyta. Tato kopyta kopírují tvar nárazníku, aby dokonale dosedl. Pro lepší dosednutí a následné přidržení slouží 4 podtlakové přísavky umístěné v kopytech. Kopyta nemají jen funkci opěrnou, ale i funkci středící.

Správné usazení nárazníku kontrolují dvě koncová čidla umístěná na středících kopytech. Na dvou menších konzolách jsou umístěna dvě čidla, která zjišťují přítomnost primeru, který slouží pro zlepšení lepicího procesu. Velké čidlo uprostřed také zjišťuje přítomnost primeru. Z důvodu malého prostoru muselo být použito čidlo s větším dosahem snímače. Na pravé spodní straně vozíku je umístěna stacionární čtečka čárového kódu, který je umístěn na spodní straně nárazníku. V energetickém řetězu jsou taženy veškeré příchozí kabely a pneumatické hadice.



Obr. 18 – Zakládací vozík

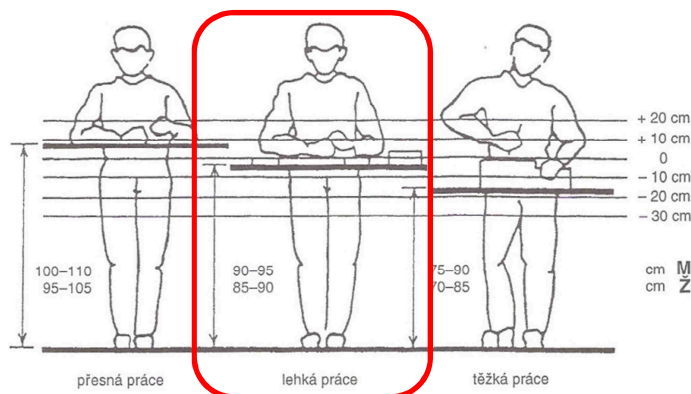
3.8 Ergonomie pracoviště

První zmínky o ergonomii v Evropě se objevují v meziválečném období v Německu. Pojem ergonomie se skládá ze dvou řeckých slov - *ergon* = práce a *nomos* = zákon, pravidlo. V roce 2000 Mezinárodní ergonomická společnost IEA navrhla tuto definici ergonomie: „Ergonomie je vědecká disciplína založená na porozumění interakcí člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost [7].“

Při návrhu děrovacího zařízení jsme museli vzít v potaz několik důležitých kritérií pro dodržení správné ergonomie pracoviště. Rozhodující jsou rozměrové parametry, které ovlivňuje velikost nárazníku a prostor pro jeho manipulaci. Funkční parametry se zaměřují na pracovní prostory, které odpovídají anatomické stavbě těla. Pracoviště by mělo být přehledné, pohodlné, uspořádané, hygienické, bezpečné a esteticky příjemné [11].

Prvním hlavním kritériem byl **pracovní prostor**. Rozměry pracoviště odpovídají tělesným potřebám pracovníka s ohledem na přístup a popřípadě únik. Důležitá je také základní pracovní poloha, potřebné vykonávané pracovní pohyby, jasně viditelné zdroje informací a snadno dostupné ovládací prvky zařízení. Shrňme-li, zařízení by mělo umožňovat snadný a bezpečný pohyb pracovníka [7].

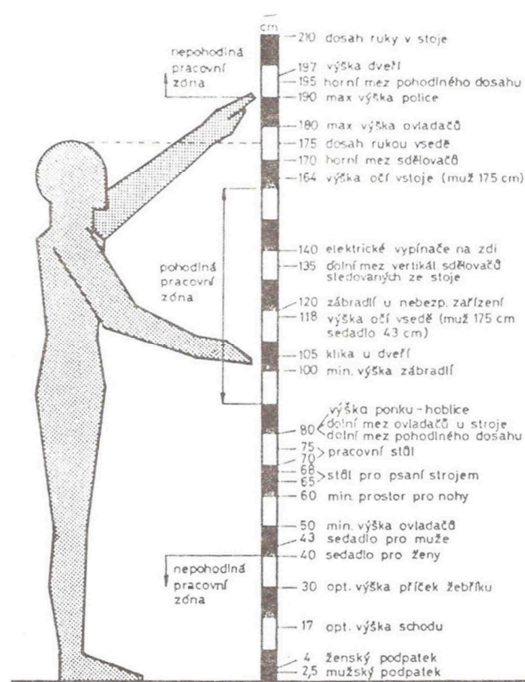
Druhým kritériem byla **pracovní rovina**. Původní konstrukce měla zahrnovat i výškovou stavitelnost zařízení s proměnlivou pracovní rovinou v rozmezí 800÷1080mm, ale po domluvě byla pracovní rovina stanovena na 950 mm, což odpovídá možnosti uprostřed na obr. 19. Důvodem úpravy byl svislý rozměr zadního nárazníku, kdy by při výšce 800 mm zavadil o podlahu haly, viz obr. 23 [7].



Obr. 19 – Doporučené výšky pracovních ploch podle Grandjeana [7]

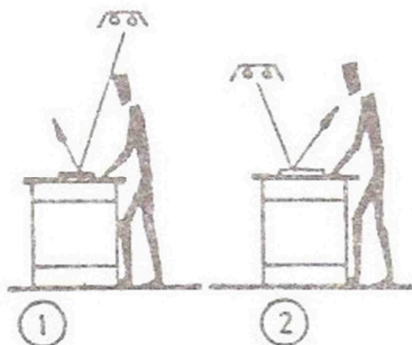
Dalším kritériem byla **pracovní poloha**. Po shlednutí jiných konstrukčních řešení bude pracovník obsluhovat stroj ve stoje s možností se při chodu stroje posadit [7].

Dalším kritériem byly **pracovní pohyby**. Zařízení bylo navrženo tak, aby pracovník vykonával pouze nutný pohyb pro zakládání, přípravu materiálu a ovládání stroje. Doporučené vzdálenosti od pracoviště jednotlivých částí stroje je na obrázcích 20 a 22.

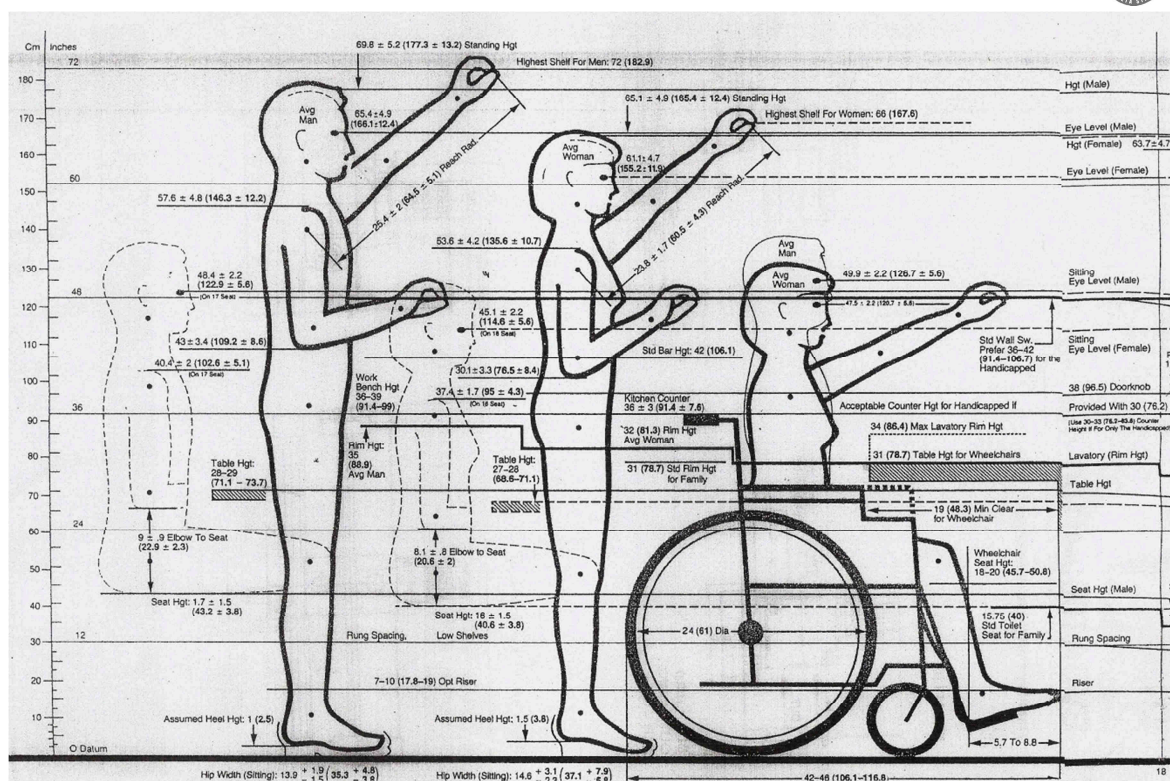


Obr. 20 – Výškové údaje pro manipulaci a ovládání [11]

Vhodné **zrakové podmínky** nám zajišťuje dostatečné osvětlení, které je umístěné nad zakládacím vozíkem. V tomto místě zajišťuje optimální osvětlení pracoviště, kde se po děrování kontroluje kvalita střižných ploch a zda nedošlo k poškození zadního nárazníku.



Obr. 21 – Poloha svítidla a směr světla –
1) správné osvětlení; 2) špatné osvětlení [11]

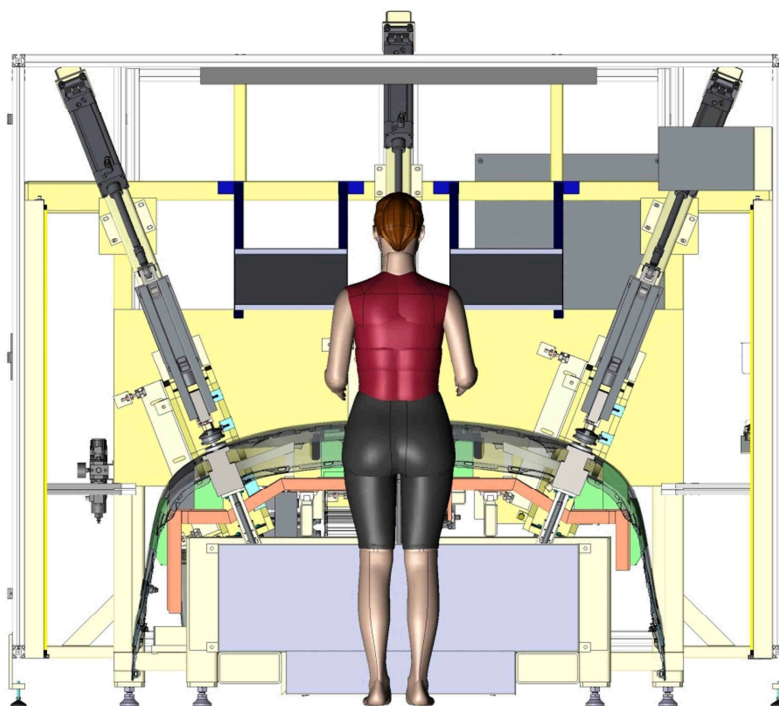


Obr. 22 – Humanscale in different position [10]

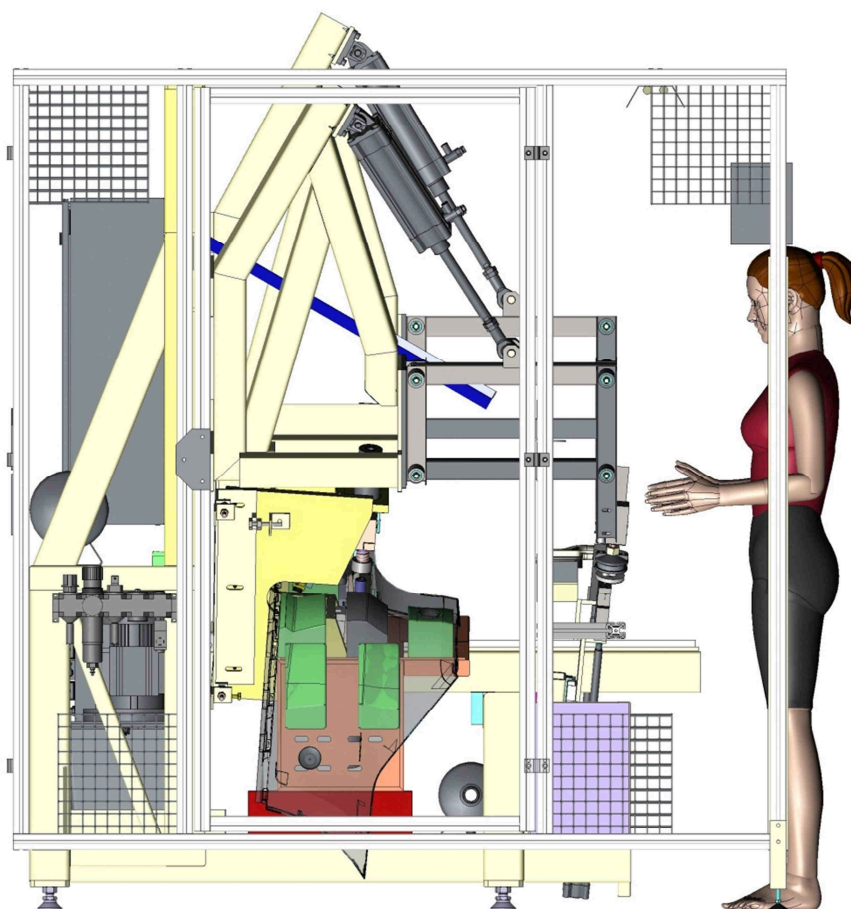
Dalším kritériem byly **zrakové zdroje informací**. Doporučený zorný úhel je v rozmezí 15° – 40° pod horizontální rovinou očí. V tomto rozmezí jsou umístěny i kontrolní panely s LED diodami. Služící pro kontrolu správného upnutí a dosednutí nárazníku do kopyt. A další LED diody umístěné na stole stroje kontrolují přítomnost PDC držáků v lepících trnech [7].

Posledním kritériem bylo dodržení **akustických podmínek** pracoviště. Nejvyšší přípustná hladina pro fyzickou práci s ohledem na škodlivý vliv na sluch je 85 dB. Před předáním zařízení zákazníkovi proběhlo hlukové měření zařízení, viz příloha B [7].

V následující části je na obrázcích č. 23, 24 a 25 vyobrazeno pracoviště s modelovou postavou ženy s výškou 165 cm. Na obr. 23 je přední pohled na pracoviště při zakládání nárazníku. Z příkladu je patrné, že zakládací pracovní rovina 950 mm je plně vyhovující. Při zakládání nárazníku do zakládacího vozíku byl potřeba dostatečný prostor, aby nedošlo k jeho poškození. Z tohoto důvodu bylo po domluvě se zákazníkem na každé straně přidáno 300 mm volného prostoru pro lepší manipulaci s nárazníkem. Na obr. 24 je boční pohled na pracoviště. Na detailu je nárazník v děrovací poloze, je zde také vidět, že pracovnice bez problémů dosáhne na PDC držáky umístěné v boxech na konzolích.

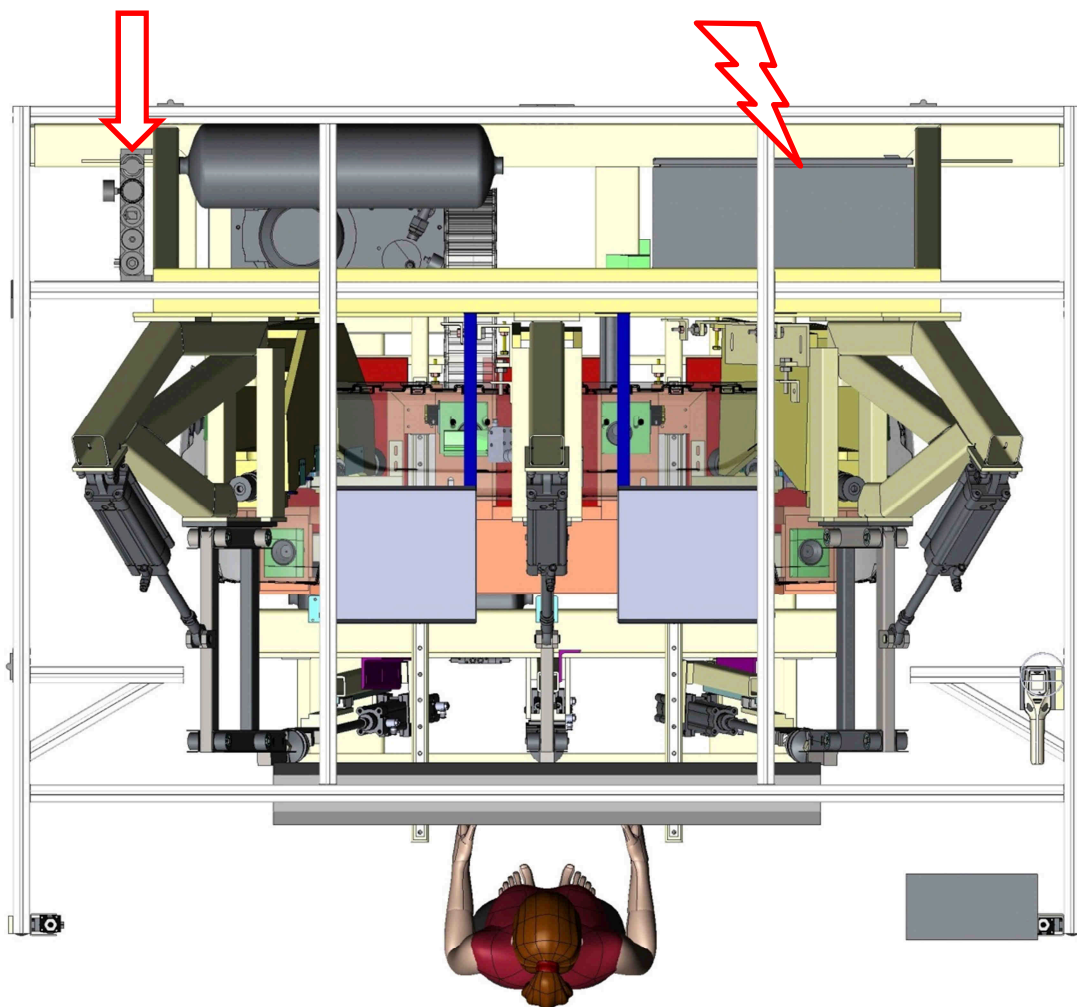


Obr. 23 – Přední pohled na ergonomii pracoviště při zakládání nárazníku



Obr. 24 - Boční pohled na ergonomii pracoviště při zakládání nárazníku

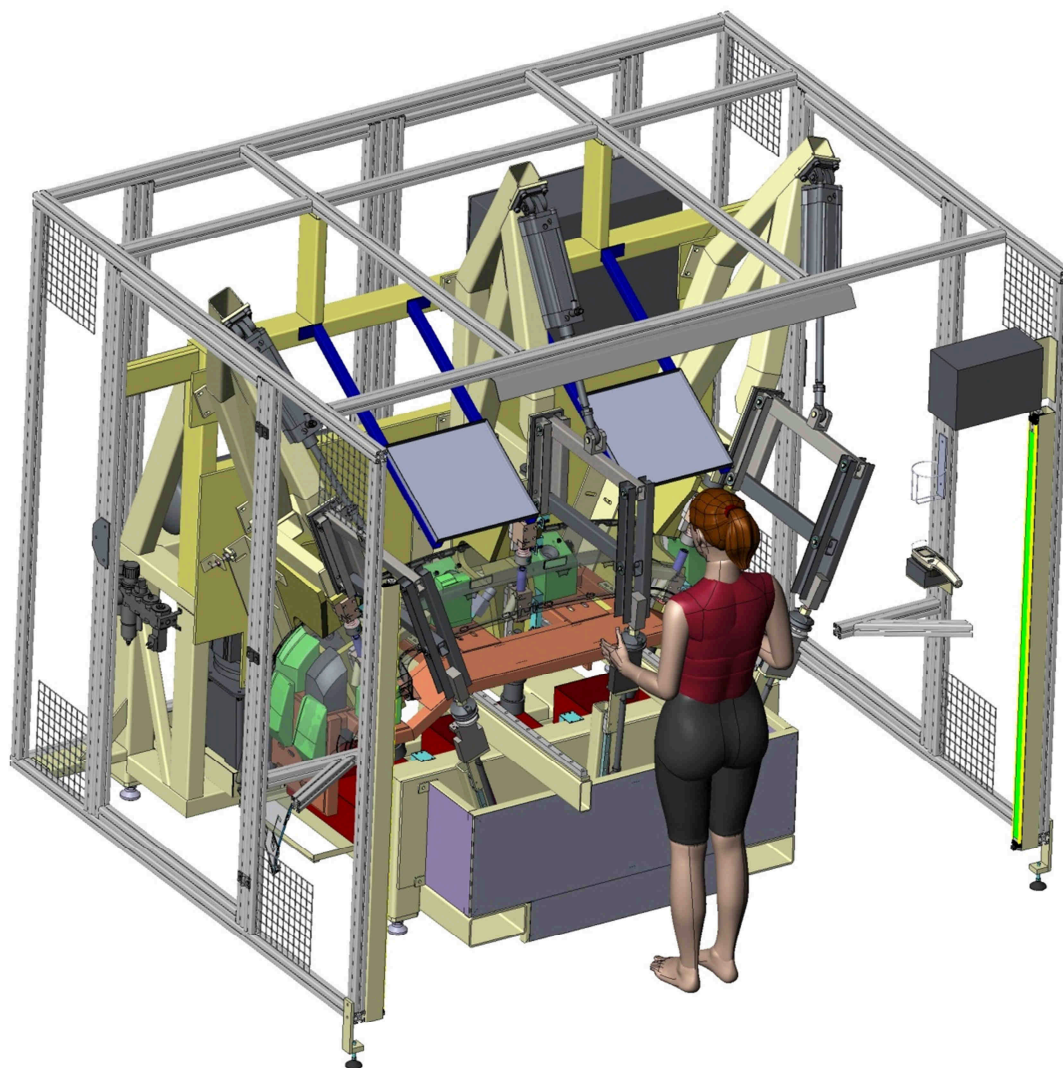
Na obr. 25 je vyobrazen půdorys celého pracoviště. Přívod tlakového vzduchu a přívod elektrické energie je vyznačen. Zde je v detailu vidět, že pracovník má dostatečný prostor pro pohyb a zároveň má vše na dosah ruky. Při provedení kroku založení nárazníku pracovník poodstoupí k ovládacímu panelu tak, aby nepřerušoval světelnou závoru. Potom může teprve spustit děrovací zařízení.



Obr. 25 - Půdorys ergonomie pracoviště při zakládání nárazníku

Pracovní postup dělníka při děrování

Pracovní postup je následující. Nejprve umístí dělník dané PDC držáky do správných trnů a sejme z nich ochrannou fólii. Poté vyjme daný nárazník ze zásobníku, nanese primer na předem určené plochy a založí nárazník do vozíku. Po správném založení se sepnou přísavky a zajistí upínací sílu. Potom pracovník opustí zakládací pracoviště hlídané světelnou závorou a spouštěcím tlačítkem spustí chod stroje. Po ukončení činnosti zařízení sejme pracovník nárazník z vozíku a zkontroluje kvalitu střížné plochy a kvalitu přilepení PDC držáku. Poté uloží nárazník do příslušného zásobníku a postup opakuje.



Obr. 26 – Izometrický pohled na návrh děrovacího zařízení

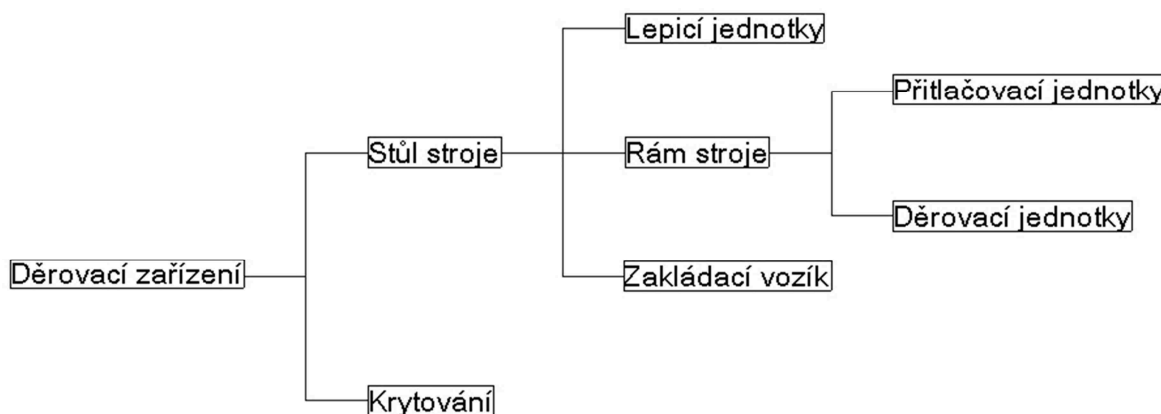
Na obr. 26 je vyobrazena kompletní sestava děrovacího zařízení s modelovou postavou ženy. Z tohoto je patrné, že pracoviště je dostatečně vysoké i pro mužskou obsluhu.

V přílohách jsou přiloženy dokumenty výstupních kontrol stroje a hlukového měření. V příloze A je uveden seznam základních požadavků na děrovací zařízení. V příloze B je zaznamenáno hlukové měření zařízení během provozu. V příloze C je uvedený protokol o shodě zařízení s předepsanými platnými normami. A v poslední příloze D je uvedený seznam dodaných náhradních dílů spolu se zařízením.

4 Montáž zařízení

Po vyrobení potřebných dílců probíhala postupná montáž zařízení zkušenými dělníky. V průběhu montáže bylo potřeba udělat několik úprav z důvodu vývoje nového stroje.

Montážní práce probíhaly postupně podle podskupin až v hotový celek. Montáž zařízení probíhala na 3 pracovištích firmy LUX s r.o. Na prvním pracovišti se prováděla hrubá montáž, tzn. montáž mechanických částí podskupin. Na druhém pracovišti se prováděla montáž elektro součástí a programování stroje. Na třetím pracovišti pak došlo k finálnímu seřízení a odladění stroje. Montážní schéma podskupin je na obr. 27.



Obr. 27 – Schéma postupné montáže skupin

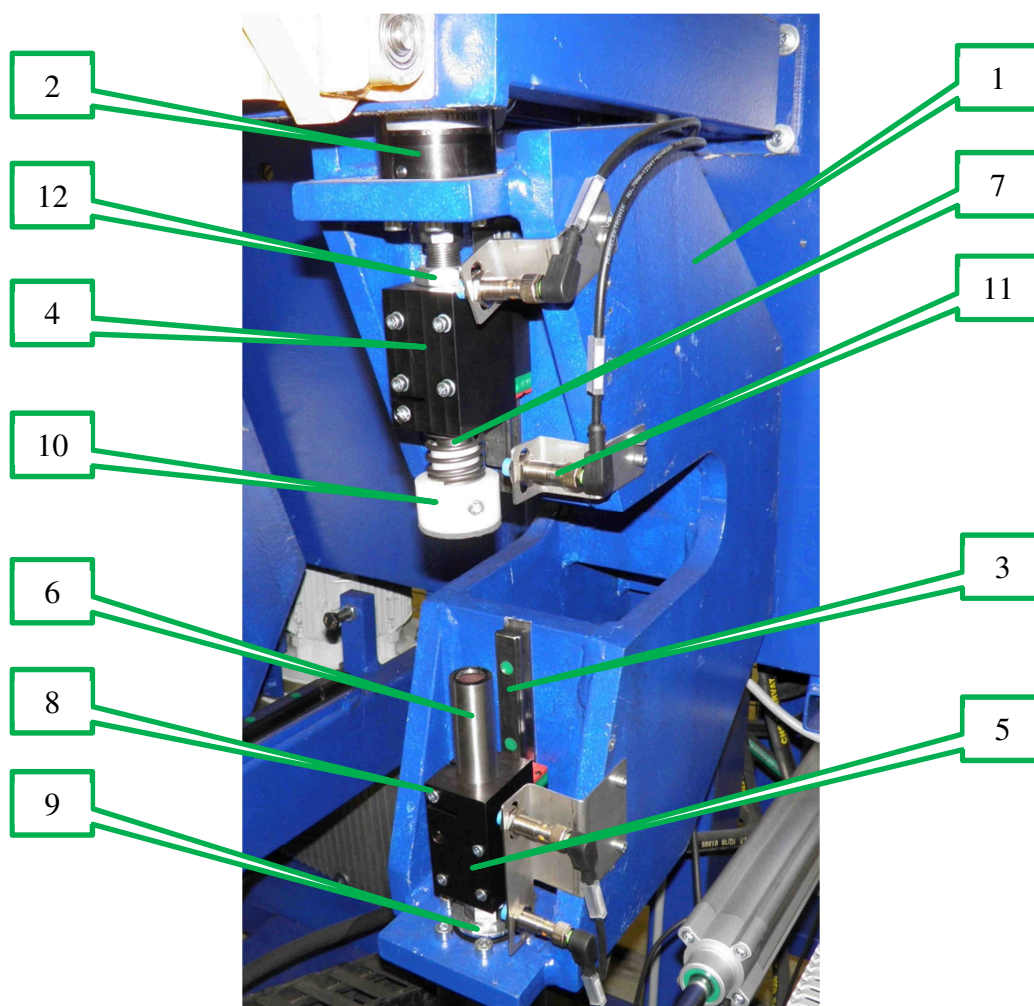
Po odladění stroje byla zkontrolována správná funkčnost a spolehlivost stroje na několika vzorcích, které poskytl zákazník. Po zkušebních testech jsme došli k závěru, že zařízení pracuje spolehlivě s požadovanou přesností a kvalitou střížných hran.

Montáž jednotlivých podskupin s popisy obrázků je uvedena v následujících několika bodech.

4.1 Děrovací jednotka

Děrovací jednotka se skládá z následujících součástí. Základní součástí je svařenec ze silných výpalků *rám jednotky* (poz. 1), který slouží pro uchycení *hydraulických válců* (poz. 2) a *lineárního vedení* (poz. 3). K němu jsou upevněny *kostky* (poz. 4) a (poz. 5) pro uchycení *střížnice* (poz. 6) a *střížníku* (poz. 7). Spojení zajišťuje svěrný spoj provedený *šroubem* (poz. 8). Jejich velikost zdvihu lze proti nárazníku snadno nastavit pomocí *kotouče* (poz. 9), vzdálenost mezi jeho ryskami představuje zdvih o 0,1 mm. Na střížníku je upevněn *přidržovač* (poz. 10) a koncové polohy obou válců jsou snímány *čidly* (poz. 11). Pro seřízení výšky střížníku nebo střížnice se nejdříve povolí *pojistná matice* (poz. 12), nastaví se potřebná výška a matice se opět dotáhne.

Ve výkresové příloze je přiložený výkres sestavy č. DZ543-05.

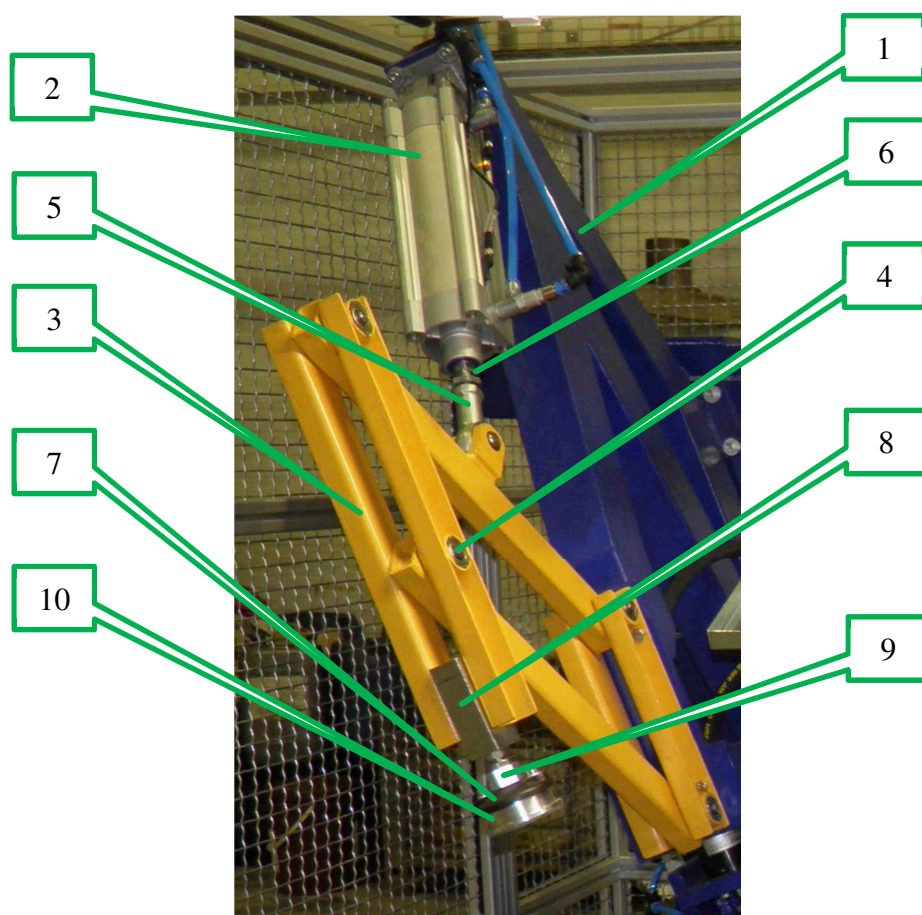


Obr. 28 – Smontovaná děrovací jednotka

4.2 Přitlačovací jednotka

Přitlačovací jednotka se skládá z následujících součástí. Základní součástí je svařenec z ocelových profilů a výpalků *rám jednotky* (poz. 1). Na tento rám je upevněn *pneumatický válec* (poz. 2), zajišťuje chod *přitlačovacího ramene* (poz. 3). Rameno je složené z ohýbaných plechů, *čepů a ložisek* (poz. 4). Nastavení výšky zdvihu lze provést buď zašroubováním pístnice pneu válce do *oka* (poz. 5) po povolení *pojišťovací matice* (poz. 6) nebo zašroubováním *stavitelného šroubu* (poz. 7) do *kostky* (poz. 8). Pomocí kostky lze docílit kolmého nastavení po povolení šroubů z boku na přitlačovacím rameni. *Maticí* (poz. 9) lze nastavit naklápění hlavy vůči nárazníku. Proti poškození nárazníku je na stavitelném šroubu nasazen přitlačovač (poz. 10) z materiálu šetrného proti poškození nárazníku.

Ve výkresové příloze je přiložený výkres sestavy č. DZ543-11.



Obr. 29 – Smontovaná přidržovací jednotka

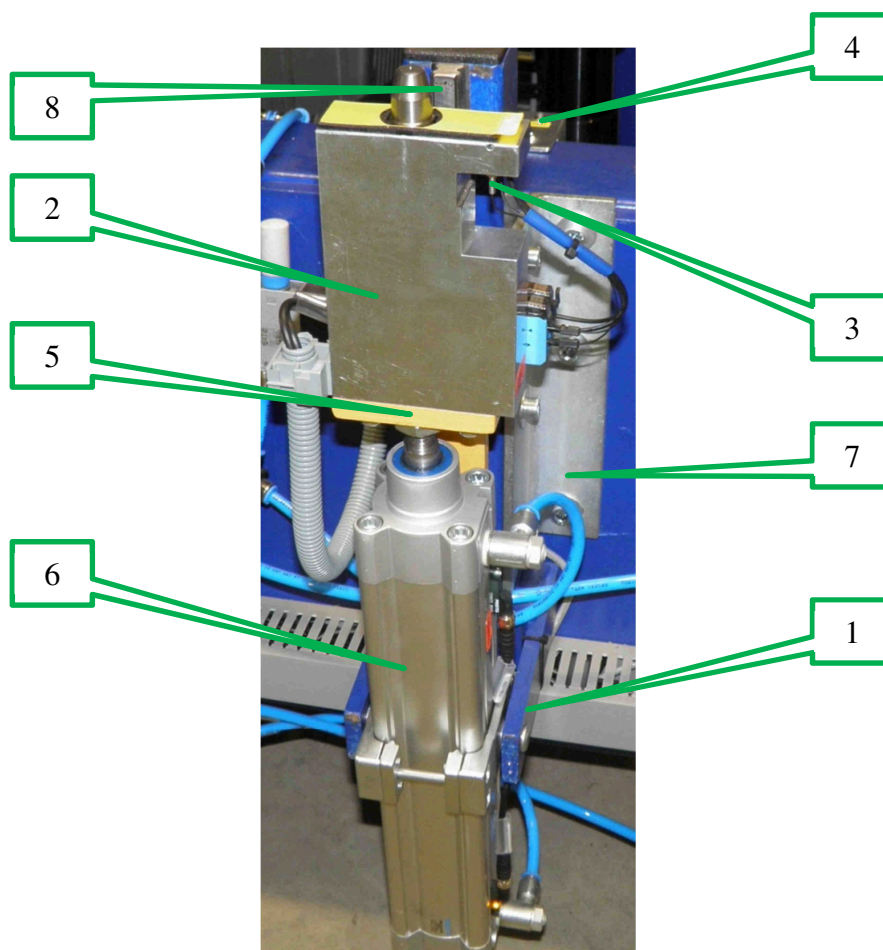
4.3 Lepicí jednotka

Lepicí jednotka se skládá z následujících součástí. *Tělo konzole* (poz. 1) je zhotovena ze svařence z ocelových profilů a pásovin. V *zakládacím trnu* (poz. 2) jsou *čidla* (poz. 3) na kontrolu přítomnosti správného držáku PDC a kontrolou odstranění folie ze samolepící pásky. Správný stav je signalizován *zelenou nebo červenou diodou* (poz. 4) při chybném stavu na panelu za jednotkou. Zakládací trn je připevněn *redukcí* (poz. 5) k *pneumatickému válci* (poz. 6), který vykonává pracovní pohyb. Seřízení polohy vůči vyděrovanému otvoru se provádí správným ustavením jednotky na *upevňovacím úhelníku* (poz. 7). *Lineární vedení* (poz. 8) zajišťuje přesnost lepení. Lepicí síla se nastavuje na příslušném regulátoru tlaku vzduchu na pneumatickém bloku. Velikost lepicí síly lze vypočítat ze vztahu:

$$F = (p \cdot 196,3) - 30 \text{ [N]} \quad (10)$$

kde p – tlak [bar]

Ve výkresové příloze je přiložený výkres sestavy č. DZ543-08.

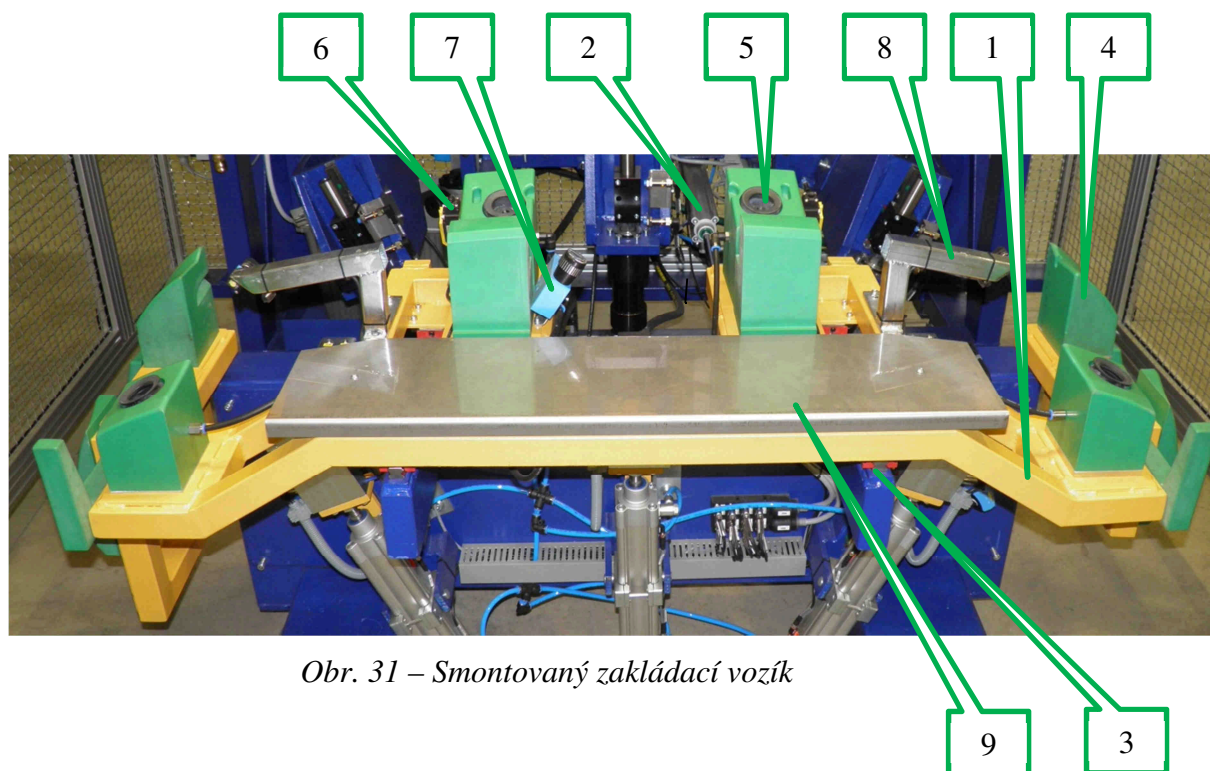


Obr. 30 – Smontovaná lepicí jednotka

4.4 Vozík

Zakládací vozík se skládá z následujících součástí. *Kostra vozíku* (poz. 1) je svařena z ocelových profilů a výpalků. Pohyb vozíku zajišťuje *pneumatický válec* (poz. 2) a vedení vozíku je tvořeno *lineárním vedením* (poz. 3). *Kopyta* (poz. 4) umístěná na vozíku slouží k přesnému založení nárazníku. Pro jeho upevnění jsou v kopytech umístěny *přísavky* (poz. 5). Správné založení nárazníku hlídají dvě *koncová čidla* (poz. 6), při zapnutí automatického cyklu se po stlačení automaticky spustí vakuum přísavek. Ještě před zajetím vozíku do polohy stříhání se kontroluje úprava lepící plochy primerem na nárazníku pomocí tří *čidel na UV* (poz. 7). Čidla jsou upevněna pomocí *konzolí* (poz. 8). *Krycí plech* (poz. 9) plní ochrannou funkci a zároveň slouží jako odkládací prostor.

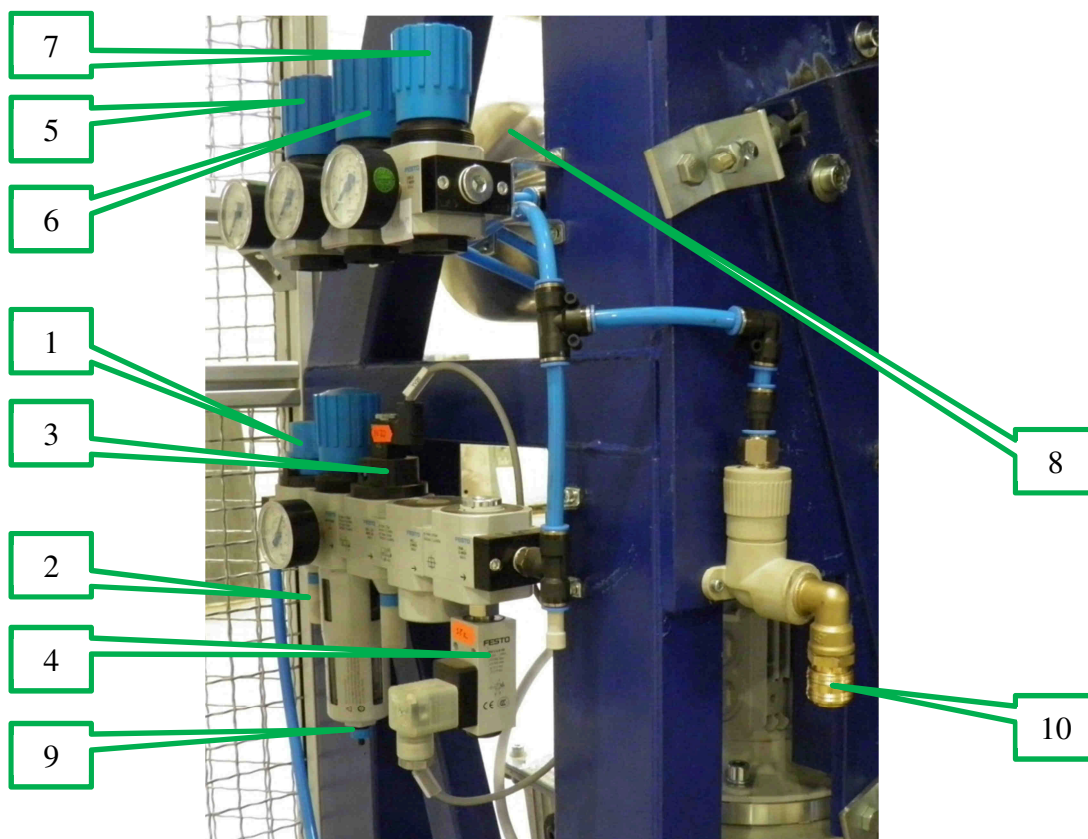
Ve výkresové příloze je přiložený výkres sestavy č. DZ543-10.



Obr. 31 – Smontovaný základací vozík

4.5 Pneumatická soustava

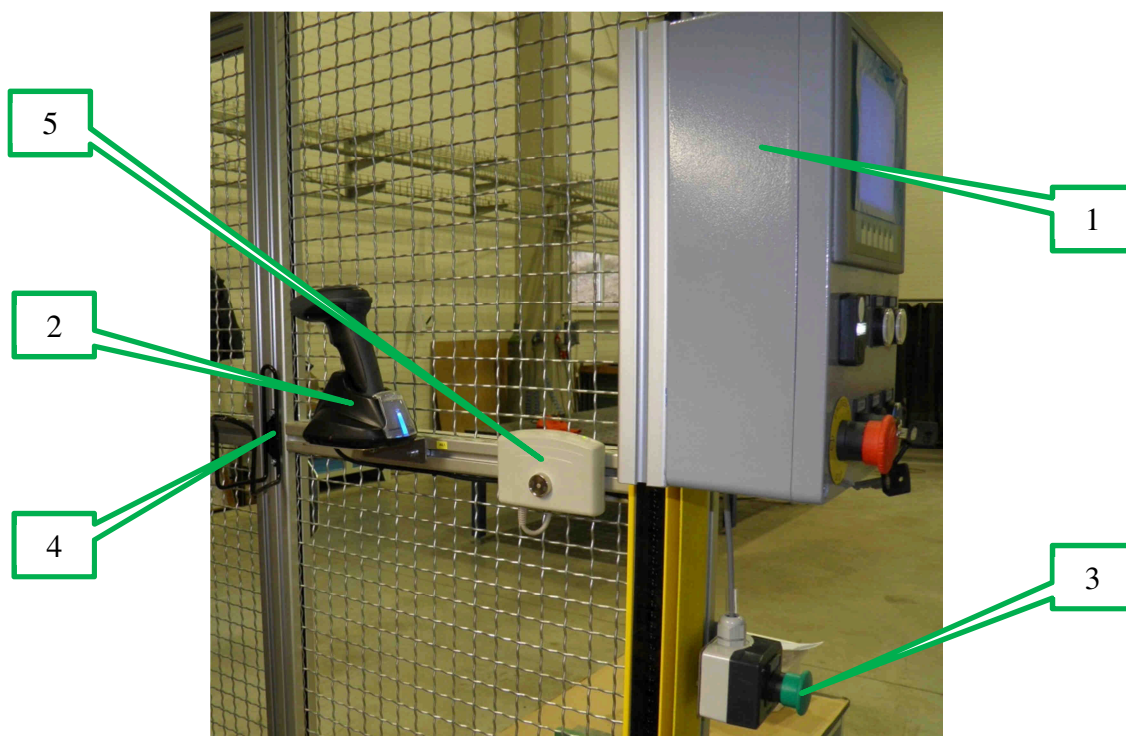
Pneumatická soustava sestává z vlastní jednotky úpravy vzduchu a trojnásobné baterie regulátorů tlaku. Jednotka úpravy se skládá z *ručního hlavního ventilu* (poz. 1), *tlakového regulátoru* (poz. 2) s filtrem, odlučovací nádobkou a manometrem. Další je *elektromagnetický ventil* (poz. 3) s pomalým náběhem a *snímače tlaku vzduchu* (poz. 4) na vstupu do zařízení. Baterie regulátorů se skládá z *regulátoru tlaku* (poz. 5) pro přitlačovací ramena, z *regulátoru tlaku* (poz. 6) pro lepící jednotky a z *regulátoru tlaku* (poz. 7) pro válec vozíku a vakua. Všechny regulátory jsou osazeny kalibrovanými manometry. Obvod pro přitlačovací jednotky a obvod pro lepící jednotky jsou navíc osazeny *vzduchovými zásobníky* (poz. 8) pro zajištění dostatečného tlaku vzduchu z důvodu technologie. Tlakový regulátor je vybaven *odlučovací nádobkou* (poz. 9) na kondenzát s výpustným ventilem, který je třeba odpouštět dle plánu údržby pro obsluhu. Celý rozvod je ještě doplněn o *rychlospojku* (poz. 10) pro případné napojení přídatných zařízení, např. ofukovací pistole.



Obr. 32 – Sestava pneumatické soustavy

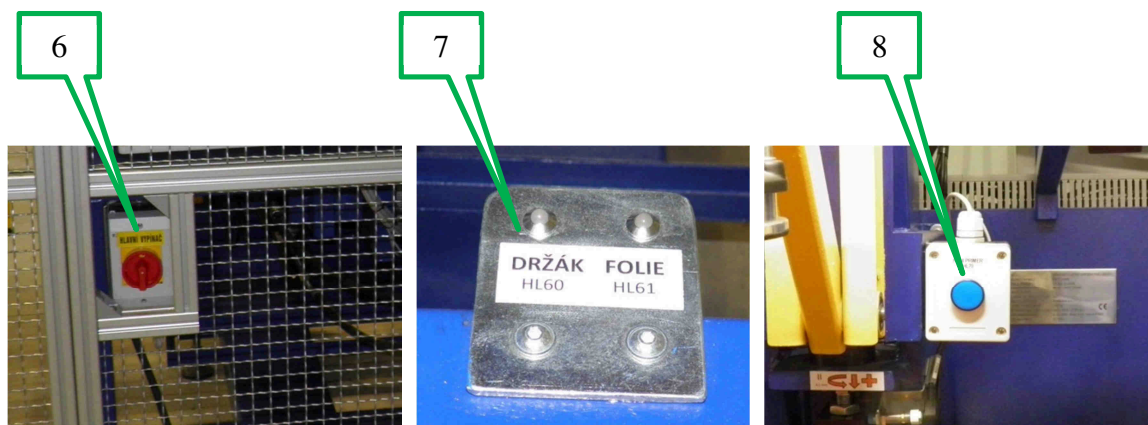
4.6 Ovládací prvky stroje a signalizace

Z pohledu obsluhy je na pravé straně krytu stroje umístěn *ovládací panel* (poz. 1), *ruční čtečka čárového kódu* (poz. 2), *hlavní spouštěcí tlačítko* (poz. 3), *držák na PET láhev* (poz. 4) a *čtečka čipů typu Dallas* (poz. 5).



Obr. 33 – Umístění ovládacích prvků stroje

Na zadní straně zařízení u rozvaděče je vývod *hlavního vypínače* (poz.6). Na stole stroje je umístěn *držák s diodami* (poz. 7) kontroly správné přípravy PDC držáků. U prostřední děrovací jednotky je umístěn *maják* (poz. 8) kontroly přítomnosti primeru.



Obr. 34 – Umístění hlavního vypínače; Kontrolní diody PDC držáků; Kontrola primeru

4.7 Připomínkové řízení

Před předáním stroje proběhlo připomínkové řízení, které mělo za úkol eliminovat případné nedostatky, které by se mohly během zkušebního provozu vyskytnout. Připomínky byly zaznamenány a nedostatky odstraněny.




Obr. 35 – Úpravy vyznačené při připomínkovém řízení

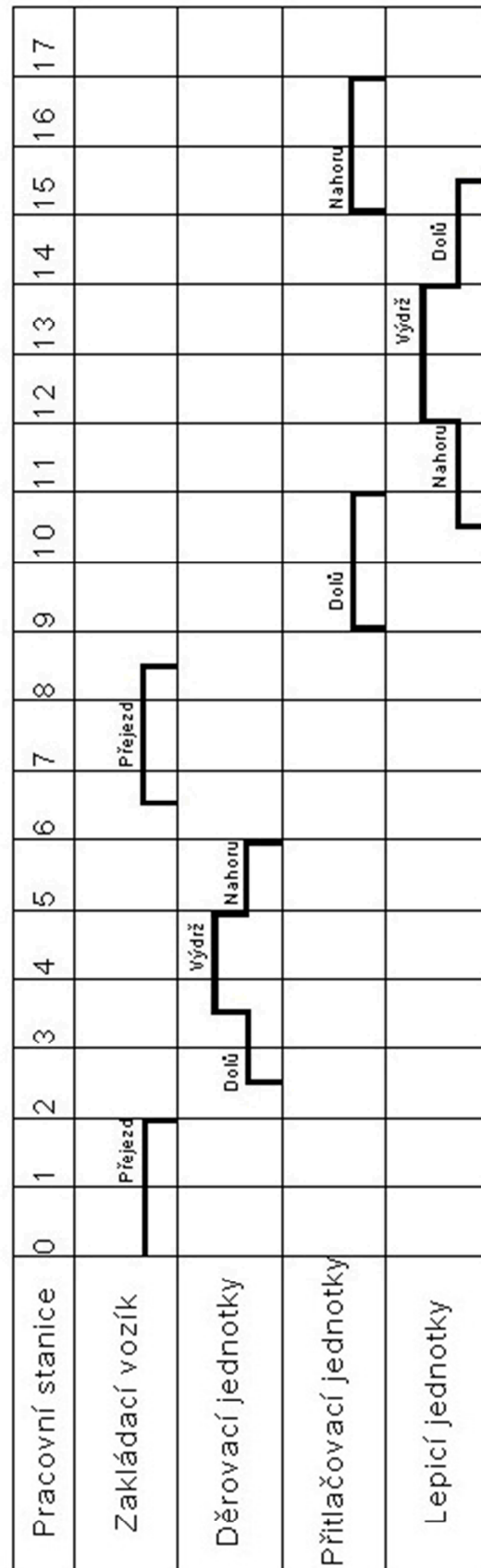
1. **Problém** – Volný přístup do zadní části zařízení po spuštění stroje.
Řešení – Dodělání mechanické ochrany těsně pod ruční čtečkou i zrcadlově na druhou stranu krytu.
2. **Problém** – Únik oleje z hydraulického obvodu.
Řešení – Sběrná vana pod celým zařízením.
3. **Problém** – Umístění panelu s diodami na viditelné místo, schází jasný popis LED čidel, chybí dioda pro kontrolu přítomnosti primeru.
Řešení – Dodělán jasný popis LED čidel, diody svítí i v průběhu cyklu, přidána modrofialová dioda pro kontrolu přítomnosti primeru, umístění panelu předěláno.



- 4. Problém** – Poškrábána a špatně provedena barva rámu.
Řešení – Sjednána náprava, lak byl opraven.
- 5. Problém** – Chybí hlášení při nárůstu potřebné sřížné síly pro indikaci přebroušení nástrojů.
Řešení – Hlášení se zobrazí při nárůstu sřížné síly o více než 20%.
- 6. Problém** – Odpadová vana na výstřížky je příliš velká.
Řešení – Vana nahrazena menšími krabičkami.
- 7. Problém** – Vhodnější umístění výrobního štítku na rámu stroje.
Řešení – Štítek upevněn na viditelné místo nerozebíratelným spojem.
- 8. Problém** – Přidat kryt pro lepicí válce před „šikovnými ještěrkáři“.
Řešení – Přidán ochranný plech.
- 9. Problém** – Barevné odlišení hadiček pneumatické podtlakové soustavy.
Řešení – Hadičky podtlakové soustavy nahrazeny červenými.
- 10. Problém** – Materiál přidržovače není vhodný.
Řešení – Původní materiál přidržovače byl nahrazen vhodnějším.
- 11. Problém** – Upravit nerezový plech na zakládacím stole.
Řešení – Nerezový plech vybrán a konce ohnuty.
- 12. Problém** – Na nárazníku dochází k ohybu žebírek pro kabeláž.
Řešení – V oblasti dotyku byl z kopyt odebrán materiál.
- 13. Problém** – Nedostatečné usazení nárazníku v ose Y.
Řešení – Byly doplněny 2 tvarové kopyta.
- 14. Problém** – Kabel na vozíku není dostatečně chráněný.
Řešení – Vozík byl doplněn krycím plechem.

Časový rozbor děrovacího zařízení

Čas [s] 



Obr. 36 – Časový rozbor děrovacího zařízení

5 Technicko-ekonomické zhodnocení

V technicko – ekonomickém zhodnocení jsou uvedeny důležité technické parametry stroje a spotřeba energií při provozu. Dále je uvedena cenová nabídka celého zařízení rozepsaná na dílčí části a je uveden příklad možných odpisů děrovacího zařízení. Další část se již týká ekonomického zhodnocení projektu. Jsou zde počítány roční produkce pro plný provoz i omezený provoz s maximální dovolenou zmetkovitostí.

Zákazníkem uvedená předpokládaná denní produkce je 145 kusů po rozjetí výroby, do té doby pojede výkon na 55 %, což odpovídá produkci 80 kusů/den. Zařízení bude obsluhovat jeden pracovník.

5.1 Parametry stroje

Rozměry stroje (d x š x v)	1960 x 2455 x 2300 mm
Výška zakládání	950 mm
Hmotnost celého zařízení	1350 kg
Krytí rozváděče	IP 54
Řídící jednotka	Siemens S7-1200

HLUK: Ekvivalentní hladina akustického tlaku A na stanovišti obsluhy nepřesahuje 75dB.

EMC: Stroj splňuje požadavky pro průmyslové prostředí

(EN 61000-6-2 2nd ed., EN 61000-6-4).



Obr. 37 – Údaje na štítku stroje

Požadavky na energii

El. síť	3 + N + PE 400 V, 50 Hz
Spotřeba	4 kVA
Tlakový vzduch:	
Spotřeba	50 l/min
Pracovní tlak	0,6 MPa
Síťový tlak	0,6-0,8 MPa

5.2 Cenová nabídka na zařízení

Cenová nabídka je rozdělena na menší části z důvodu přesnější kalkulace jednotlivých pracovišť a úkonů.

- mech. konstrukce a vývoj	285 400,-
- technická a projektová práce elektro	86 000,-
- software	156 000,-
- výroba a montáž	199 680,-
- materiál	664 916,-
- převoz, instalace u odběratele	22 800,-
- školení pracovníků odběratele	14 400,-
- výkresová dokumentace	31 200,-
- průvodní dokumentace	31 200,-
- seznam kritických dílů	36 880,-

Celková cena: 1.538 476,- CZK

Z výčtu je patrné, že celkové pořizovací náklady na zařízení dosahují hodnoty 1.538 476,- Kč. Ceny kalkulací v jednotlivých sekcích počítají a určují vždy zkušení pracovníci z daného pracoviště.

Příklad možných odpisů zařízení DZ543

Odhadovaná doba činnosti děrovacího zařízení je 6 let. Proto jsem zvolil 2. skupinu odpisů stroje. V této skupině je stroj postupně odpisován po dobu 5 let. Zvolena byla rovnoměrná varianta, při které se první rok odepíše pouze 11%, a potom následující 4 roky stejná částka viz obr. 38.

Pořadí	Rok	Zv.	Vstupní cena	Roční odpis	Oprávky celkem	Zůstatková cena na konci
1	2011	-	1.538.476,00	169.233,00	169.233,00	1.369.243,00
2	2012	-	1.538.476,00	342.311,00	511.544,00	1.026.932,00
3	2013	-	1.538.476,00	342.311,00	853.855,00	684.621,00
4	2014	-	1.538.476,00	342.311,00	1.196.166,00	342.310,00
5	2015	-	1.538.476,00	342.310,00	1.538.476,00	0,00

Obr. 38 – Odpisová tabulka DZ543[14]

5.3 Roční produkce

Pro výpočet roční produkce je potřeba určit efektivní časový fond pracovníka, ze kterého při výpočtu vycházíme. Je počítána roční produkce jak pro plnou výrobu, tak i pro omezený provoz.

Efektivní časový fond pracovníka

Výpočet efektivního časového fondu pracovníka vychází z počtu pracovních dnů roku 2012. Rok 2012 má 252 pracovních dní [13]. Denní produkce 1 pracovníka bude 80 respektive 145 kusů děrovaných nárazníků.

Efektivní časový fond:

$$E_{DC} = 252 - C - D = 252 - 20 - 15 = \underline{\underline{217 \text{ dní}}} \quad (11)$$

kde C – počet dnů prac. volna

D – počet dnů prac. nesch.

**Roční produkce 1 směny 55 % provoz:**

$$R_{ps\ 55} = E_{DC} \cdot 80 = 217 \cdot 80 = 17360 \text{ kusů} - \text{zmetkovitost } 0,5\% \text{ z } 17360 = 86,8 \text{ zm/rok} \quad (12)$$

Roční produkce 1 směny 100 % provoz:

$$R_{ps\ 100} = E_{DC} \cdot 145 = 217 \cdot 145 = \underline{\underline{31465 \text{ kusů}}} - \text{zmetkovitost } 0,5\% \text{ z } 31465 = 157,325 \text{ zm/rok} \quad (13)$$

Roční produkce při omezeném provozu bude 17 360 kusů nárazníků. Z tohoto počtu může být maximální počet zmetků 86 kusů. Při plném provozu je roční produkce 31 465 kusů. Z toho může být maximálně 157 kusů zmetků.

Výrobní takt stroje je stanovený na 17 vteřin. Podrobné kroky stroje jsou na obr. 36. Čas daný na kontrolu kvality střížné plochy, manipulaci s nárazníkem a na nanesení primeru na daná místa je 43 vteřin pro snadnější přibližný výpočet. Z tohoto zjištění vyplývá, že na 1 kus nárazníku připadá 1 minuta výroby. Při snížené výrobní kapacitě vyrobí 80 kusů za 80 minut a při plné výrobě 145 kusů za 145 minut. Zbytek směny pak dělník pracuje na jiném pracovišti.

Vzhledem k tomu, že je předpokládaná doba výroby 6 let a počet vyrobených kusů je relativně vysoký a pořizovací náklady jsou poměrně nízké, je tedy návratnost investice do děrovacího zařízení více než pravděpodobná.



6 Závěr

V diplomové práci byla řešena výroba a montáž děrovacího a lepicího zařízení. Toto zařízení slouží k děrování zadního nárazníku pro automobil značky Seat. Po operaci děrování následuje lepení PDC držáků. Jsou to držáky na parkovací čidla umístěná v děrovaných náraznících. Zadavatelem byla firma MAGNA se sídlem v Liberci. Výroba a montáž byla provedena firmou LUX spol. s r.o. se sídlem v Jablonném nad Orlicí.

V teoretické části práce byla řešena problematika využití technologie stříhání a technologie lepení. V technologii stříhání je popsán průběh střížného procesu, řešení střížného odporu, určování velikosti potřebné střížné síly, střížná vůle a opotřebení nástrojů. V části technologie lepení je vypsána podstata a využívání lepení, jaké se musí dodržet podmínky při úpravě povrchu, výhody a nevýhody oproti jiným technologiím spojování materiálů. Velmi důležité je také využití primerů při lepení a na závěr je poukázáno, kde všude se používá technologie lepení v automobilovém průmyslu.

Praktická část práce začíná požadavky na zařízení. Jsou zde vypsány důležité požadavky zákazníka na děrovací zařízení. Jako např. řešení konstrukcí jednotlivých podskupin či požadavků ohledně dodavatelů nakupovaných dílců. Dále pak požadavky na přesnost, výkonnost stroje a hlavně je kladen důraz na bezpečnost zařízení. V dalším bodě je řešena konstrukce a její rozdělení do montážních podskupin. Jednotlivé podskupiny jsou popsány a v některých případech přidány příklady při výpočtu některých parametrů. V následujícím bodě je řešena problematika ergonomie pracoviště, důraz byl hlavně kladen na bezpečnost pracoviště a výšku pracovní roviny. Velmi důležitý je také pracovní prostor a to z důvodu dostatečného prostoru pro manipulaci s nárazníkem, aby nedocházelo ke zbytečnému poškozování nárazníků. Bod, týkající se montáže, uvádí jednotlivě montované podskupiny, navíc je zde popsána pneumatická soustava, ovládací a signalizační prvky stroje. Součástí je i časový rozbor chodu stroje. V posledním bodě je pak řešeno technicko - ekonomické zhodnocení návrhu. Pořizovací náklady na zařízení DZ543 jsou 1.538 476 Kč.

Vzhledem k tomu, že je předpokládána doba výroby 6 let, návratnost investice je tedy více než pravděpodobná. V současné době probíhají ve firmě LUX spol. s r.o. přípravy na výrobu dalších strojů, které vycházejí z tohoto konstrukčního návrhu.



7 Seznam použité literatury

- [1] VAŠÁTKO, P. *Návrh výrobní linky pro montáž trysek ostříkovačů automobilů: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - TU Fakulta strojní, 2010. 48 s., 5 příl.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL Praha, 1983. 213 s.
- [3] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL Praha, 1980. 213 s.
- [4] OSTEN, Miloš. *Lepení plastických hmot*. 2. vyd. Praha: SNTL Praha, 1974. 152 s.
- [5] PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. 1. vyd. Praha: SNTL Praha, 1980. 788 s.
- [6] *Technologie lepení v automobilové průmyslu* [online]. Poslední aktualizace 7. 5. 2012, [cit.7-5-2012]. URL: < http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/lepeni.pdf >
- [7] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie – Optimalizace lidské činnosti*. 1.vyd. Praha: GRADA Publishing a.s., 2002. 240 s. ISBN 80-247-0226-6.
- [8] *LUX s.r.o.* [online]. Poslední aktualizace 18.4.2012, [cit.18-4-2012]. URL: < <http://www.lux.cz/en/company-profile-cs> >
- [9] *LUX s.r.o. – produkty* [online]. Poslední aktualizace 18.4.2012, [cit.18-4-2012]. URL: < <http://www.lux.cz/en/products/machines-for-electrical-industry/machines-for-pressure-sensors> >
- [10] DIFFRIENT, Niels, HARMAN, David, TILLEY, Alvin R., *Humanscale 4/5/6: manual*. The MIT Press. Massachusetts Institute of Technology, 1993. 48 s. ISBN 978-0262040594



- [11] KRÁL, Miroslav. *Ergonomie a její užití v technické praxi*. 1.vyd. Ostrava: Nakladatelství AKS spol. s r.o., 1994. 109 s. ISBN 80-85798-35-7

- [12] KRÁL, Miroslav. *Ergonomie a její užití v technické praxi II*. Ostrava: Nakladatelství VAVA, 1998. 99 s. ISBN 80-86168-04-2

- [13] *Fond pracovní doby pro rok 2012* [online]. Poslední aktualizace 12. 5. 2012, [cit.12-5-2012].
URL: < <http://www.podnikatelskyweb.cz/fond-pracovni-doby-2012/> >

- [14] *Odpisy majetku* [online]. Poslední aktualizace 12. 5. 2012, [cit.12-5-2012]. URL: < <http://odpisy-majetku.mcsoftware.cz/index.php> >



8 Seznam příloh

	Počet listů
Příloha A – Seznam základních požadavků a technických norem.....	6
Příloha B – Protokol o měření hluku.....	6
Příloha C – Protokol o shodě.....	1
Příloha D – Seznam náhradních dílů.....	1
 Výkresová dokumentace - DZ543-00.01 – DZ543 Děrování NZ-SE251	
DZ543-01 – Rám	
DZ543-02 – Stůl	
DZ543-03 – Krytování	
DZ543-05 – Děrovací jednotka	
DZ543-08 – Lepicí jednotka	
DZ543-10 – Zakládací vozík	
DZ543-11 – Přitlačovací jednotka	